IVIE EMI SAKUMA KAWATOKO

**FERRAMENTAS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS PARA OS PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO,
APLICADAS AO ESTUDO DE CASO DE CAMPINAS-SP**

VERSÃO CORRIGIDA

SÃO CARLOS

2015

IVIE EMI SAKUMA KAWATOKO

**FERRAMENTAS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS PARA OS PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO,
APLICADAS AO ESTUDO DE CASO DE CAMPINAS-SP**

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

ORIENTADOR: Prof. Assoc. Valdir Schalch

SÃO CARLOS
2015

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

Kk22f Kawatoko, Ivie Emi Sakuma
FERRAMENTAS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS PARA OS PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO,
APLICADAS AO ESTUDO DE CASO DE CAMPINAS-SP / Ivie Emi
Sakuma Kawatoko; orientador Valdir Schalch. São Carlos,
2015.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação e Área
de Concentração em Hidráulica e Saneamento -- Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
2015.

1. resíduos sólidos urbanos. 2. ferramentas de
gestão integrada. 3. cenários prospectivos. 4.
indicadores de salubridade. 5. planos municipais de
saneamento básico. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Engenheira **IVIE EMI SAKUMA KAWATOKO**.

Título da tese: "Ferramentas de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos para os planos municipais de saneamento básico, aplicadas ao estudo de caso de Campinas-SP".

Data da defesa: 06/03/2015

Comissão Julgadora:

Resultado:

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

APROVADO

Profa. Dra. **Erica Pugliesi**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovado

Profa. Dra. **Carmenlucia Santos Giordano Penteado**
(Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP)

Aprovado

Prof. Dr. **Wellington Cyro de Almeida Leite**
(Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"/UNESP - Guaratinguetá)

APROVADO

Profa. Dra. **Maria Cristina Rizk**
(Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"/UNESP – Presidente Prudente)

APROVADO

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

Profa. Associada **Maria Bernadete A. Varesche Silva**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Paulo César Lima Segantine**

DEDICATÓRIA

*À minha família e amigos,
pelo amor e apoio que sempre
me dedicaram.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo a Deus, bem como a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho e em especial:

Aos meus pais Fátima Kazuko Sakuma e Massaru Kawatoko, alicerces ao longo da minha vida, através do apoio, incentivo, educação e amor incondicional.

Aos meus demais familiares – em especial, minhas avós e ao meu avô Izume Sakuma “*in memorian*”, grande incentivador dos meus estudos e responsável por despertar meu interesse na Engenharia.

Ao Vitor Assunção e à Yasmin por todo amor, compreensão e companheirismo, que me ajudaram e deram suporte em fases cruciais, de amadurecimento e adaptação.

Ao Prof^o Dr. Valdir Schalch, pela oportunidade de regresso à minha área de estudo, orientação acadêmica e todo incentivo ao meu desenvolvimento profissional;

Aos professores e funcionários do SHS (EESC-USP) – em destaque, Sá, Priscila e Rose - bem como a CAPES, pelo apoio institucional e financeiro.

Aos amigos conquistados nas etapas de Mestrado e Doutorado, além do Núcleo de Estudo e Pesquisa em Resíduos Sólidos (NEPER) pelo apoio e contribuições, nas figuras do Rodrigo Córdoba e Marco Castro.

À Prof^a Dra. Maria Cristina Rizk pela orientação, amizade, conhecimentos, conselhos transmitidos e, principalmente, por ter me iniciado na área acadêmica.

Aos professores da FCT-UNESP, alicerces do curso de Engenharia Ambiental, Dr. Antonio Cezar Leal, Dra Renata Ribeiro Araújo, Dra Encarnita Salas Martin.

Aos funcionários administrativos e técnicos da Secretaria do Meio Ambiente de Campinas, em destaque à Coordenadoria de Planejamento (CPGA).

Às amigas – Lisi Benites, Julia Moreira, Jamile Moreira, Thais Sartori - que sempre investiram no meu potencial e me motivaram a transformar o que eu acreditava ser apenas um *hobbie*, em aptidão profissional.

E sem distinções de ordem, aos amigos que me confortaram em momentos difíceis e ajudaram a superar desafios, motivando sempre a seguir em frente: Aline Zaffani, Ana Rita, Babi Kimura, Carla Diniz, David Nascimento, Di Sacomani, Fer Bollini, Fla Venturelli, Gabi Okawa, Guilherme Barbosa, Gui Laurentis, Irene Pimentel, Isabela Castro, Jorge Barbarotto, Ju Nóbrega, Le Higashi, Mo Sacardo, Mônica Queiroz, Nathy Cimatti, Nathy Côrrea, Natiele Pereira, Na Reis, Paulo Maciel, Pri Camiloti, Rodrigo Martins, Rodrigo Soares, Thiago Duarte e Thiago Porto.

EPÍGRAFE

“... Todo mundo fala sobre como deixar um mundo melhor para nossos filhos. Na verdade, deveríamos tentar deixar filhos melhores para o nosso planeta...”

Clint Eastwood

RESUMO

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

As Leis nº 11.445/2007 e 12.305/2010, além de representarem um marco no avanço das políticas ambientais no Brasil - ao promoverem os princípios de universalização e integralidade na prestação de serviços de saneamento - têm ganhado notoriedade entre os gestores públicos por vetarem acesso aos recursos federais, caso não sejam apresentados os respectivos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS). Nesse sentido, a presente pesquisa testa a hipótese de como a proposição de ferramentas de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos (RSU) pode beneficiar o PMSB aplicadas no estudo de caso de Campinas-SP, através do estabelecimento de metodologias para o cálculo de cenários e indicadores. A partir do Diagnóstico de RSU, foram adotadas diferentes metodologias extrapolativas e prospectivas (MA, 2005) na simulação de cenários de geração e gerenciamento de RSU, bem como na concepção de um Índice de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (I_{GRSU}), o qual além de avaliar a prestação desse serviço, também promoverá a análise de efetividade no cumprimento de metas. Assim, as metodologias propostas foram aplicadas no estudo de caso de Campinas-SP, com a inclusão de Objetivos, Metas, Programas e Ações, de modo a propiciar uma análise da efetividade das Ferramentas de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos em estudo. Como resultados, pode-se inferir que a simulação dos cenários prospectivos (*Global Orchestration*, *Order from Strength*, *Adapting Mosaic* e *TechnoGarden*) possibilitou correlacionar a influência do PIB sobre a geração dos RSU e permitiu aos gestores públicos, traçar diferentes rotas de gerenciamento, mediante a adoção de práticas proativas ou reativas. Já o Índice de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (I_{GRSU}) avaliou a efetividade na prestação de serviços, através da melhoria em seus valores de 5,39 para 8,28, com a implantação dos Programas propostos, os quais delimitam ações sobre a educação ambiental, comunicação social, otimização da coleta seletiva, compostagem dos resíduos de limpeza urbana, tratamento conjunto de lixiviados e esgoto sanitário e, por fim, o controle da poluição difusa originária de resíduos sólidos urbanos.

Palavras-Chave: resíduos sólidos urbanos; ferramentas de gestão integrada; cenários prospectivos; indicadores de salubridade; planos municipais de saneamento básico.

ABSTRACT

KAWATOKO, I. E. S. Tools of Urban Solid Wastes Management for Municipal Sanitation Plans – a case study of Campinas, SP State. 2015. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

The Federal Laws nº 11.445/2007 and 12.305/2010 represent an advance on environmental policies in Brazil – since they promote the principles of universality and integrality of sanitation services provision. Besides, they have been highlighted by stakeholders due to forbid access to financial resources, whether the Municipal Sanitation Plan and the Solid Waste Management Plan were not approved. Therefore, present work tests the hypothesis of how the urban solid waste management tools proposed can influence the Municipal Sanitation Plans applied on a case study of Campinas - São Paulo State, through the establishment of alternative methodologies to scenarios and indicators calculations. From the diagnosis of urban solid wastes, were adopted different extrapolative and prospective methodologies (MEA, 2005) on scenarios simulations of solid waste management and on the Indicator of Urban Solid Waste Management (I_{USWM}), which analyzed the services provision and can promote a effectiveness analysis of target achievement. Thus, the proposed methodologies were applied on a case study of Campinas-SP, together with the inclusion of Goals, Programs and Actions, which can provide an Effectiveness Analyses of Urban Solid Waste Management Tools. As a result, we can infer that the simulation of future scenarios (Global Orchestration, Order from Strength, Adapting Mosaic and TechnoGarden) enables to correlate the influence of GNI rates on Urban Solid Wastes generation, and it propitiates to public managers map different management routes, by adopting proactive or reactive practices. The Indicator of Urban Solid Waste Management (I_{GRSU}) enabled the effectiveness analysis in service provision through improvement in their values of 5.39 to 8.28, with the deployment of “Programs and Actions” proposed, which specify actions about environmental education, social communication, urban cleaning composting, selective collection optimization, combined treatment of sewage and lixiviates, as well as diffuse pollution control originated by solid wastes.

Keywords: urban solid wastes; integrated management; prospective scenarios; salubrity indicators; Municipal Sanitation Plans.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - “Copa do Mundo em Saneamento”	6
Figura 3.2 - Legislação sobre Resíduos Sólidos no Japão.....	13
Figura 3.3 - Coleta Seletiva dos japoneses na Copa do Mundo	14
Figura 3.4 - Política dos 3R’s	16
Figura 3.5 - Ordem de prioridades em GIRS	16
Figura 3.6 - Conteúdo dos Planos Municipais de Saneamento Básico	19
Figura 3.7 - Investimentos previstos no PLANSAB	21
Figura 3.8 - Coleta Automatizada de Contêineres no Rio de Janeiro.....	28
Figura 3.9 - Disposição Final de RSU: Adequação Ambiental x Sustentabilidade	32
Figura 3.10 - Órgãos Gestores de RSU participantes do SNIS 2011	33
Figura 3.11 - Taxa de Cobertura da Coleta Regular de RSU	34
Figura 3.12 - massa de RSU coletados em 2011 por Região	34
Figura 3.13 - Abrangência de Coleta Seletiva por Região do Brasil.....	35
Figura 3.14 - Massa de Recicláveis x Massa Recuperada.....	36
Figura 3.15 - Veículos da Coleta Regular de RSU	37
Figura 3.16 - Alternativas de Destinação Final de RSU	37
Figura 3.17 - Classes do IQR para municípios das Bacias PCJ	38
Figura 3.18 - Estrutura dos cenários	41
Figura 3.19 - IGR 2012 do Estado de São Paulo.....	55
Figura 4.1 - Caminhos para Melhoria da Gestão dos Resíduos Sólidos Municipais.....	65
Figura 4.2 - Municípios da UGRHI - PCJ	84
Figura 4.3 - Uso e Ocupação do Complexo Delta.....	89
Figura 4.4 - Envolvimentos do Complexo Delta	89
Figura 4.5 - Modelos de Gestão de Resíduos Sólidos de Campinas (1994 - 2010)	91
Figura 4.6 - Vida Útil dos Aterros Municipais de Campinas-SP	92
Figura 4.7 - Caminhões da Estre Ambiental em operação no Delta A.....	93
Figura 4.8 - Disposição Final no Aterro Sanitário da Estre Ambiental.....	94
Figura 4.9 – Responsabilidades sobre a Gestão de RSU em Campinas	95
Figura 5.1 - Composição Gravimétrica dos Resíduos Domiciliares	97
Figura 5.2 - Constituição dos RSD por classe social.....	98
Figura 5.3 - Acondicionamento de RSD em sacos plásticos	99
Figura 5.4 - Segregação de RSD nos prédios residenciais de Campinas-SP.....	99
Figura 5.5 - Lixeiras comuns de RSD na Área Central de Campinas	100
Figura 5.6 - Caminhão de coleta de RSD na área central de Campinas	101
Figura 5.7 - Caminhão de coleta de RSD do Consórcio Renova Ambiental.....	101
Figura 5.8 - Período da coleta de resíduos sólidos domiciliares (RSD).....	102
Figura 5.9 - Contêineres de Coleta Seletiva no Bosque dos Jequitibás.....	103
Figura 5.10 - Contêineres de Coleta de Orgânicos no Bosque dos Jequitibás	103
Figura 5.11 - Descarte Irregular de Resíduos Sólidos no Bosque dos Jequitibás	104
Figura 5.12 - Descarte Irregular de Resíduos Sólidos no Ribeirão das Anhumas.....	104
Figura 5.13 – Descarte Irregular de Resíduos Sólidos nas Rodovias.....	105
Figura 5.14 – Contêineres de Coleta Mecanizada de Barão Geraldo	106
Figura 5.15 - Principais pontos de descarte e destinação final de resíduos sólidos em Campinas-SP	108
Figura 5.16 – Segregação para Coleta Seletiva	110
Figura 5.17 - Composição Física dos RLU - resíduos de varrição.....	111

Figura 5.18 - Acondicionamento de RLU nos sacos plásticos	112
Figura 5.19 - Varrição Manual das Vias Públicas	113
Figura 5.20 - Tendência de Crescimento do PIB per capita em Campinas	116
Figura 5.21 - Relação PIB x Geração Resíduos Sólidos Domiciliares.....	117
Figura 5.22 - Gerenciamento dos RSU 2014.....	119
Figura 5.23 – Comparação da Composição Gravimétrica <i>Global Orchestration</i>	121
Figura 5.24 – Gerenciamento dos RSU <i>Global Orchestration</i> 2033	122
Figura 5.25 – Comparação da Composição Gravimétrica <i>Order from Strength</i>	123
Figura 5.26 – Gerenciamento dos RSU <i>Order from Strength</i> 2033	124
Figura 5.27 – Comparação da Composição Gravimétrica <i>Adapting Mosaic</i>	126
Figura 5.28 – Gerenciamento dos RSU <i>Adapting Mosaic</i> 2033.....	127
Figura 5.29 – Comparação da Composição Gravimétrica <i>TechnoGarden</i>	128
Figura 5.30 – Gerenciamento dos RSU <i>TechnoGarden</i> 2033	129
Figura 5.31 – Comparação da Composição Gravimétrica entre os Cenários.....	130
Figura 5.32 - Comparação da Gestão de RSU para os cenários	130
Figura 5.33 – Comparação dos Indicadores de Resíduos Sólidos de Campinas	139
Figura 5.34- Exemplo de Cartilha de Coleta Seletiva	146
Figura 5.35 - Aula de Educação Ambiental na Praça Carlos Gomes	146
Figura 5.36 – Projeto de Reciclagem do ICCT	148
Figura 5.37 - Educação Ambiental nas Empresas	149
Figura 5.38 - Cores da Coleta Seletiva	152
Figura 5.39 - Ecoponto Bairro Vida Nova	153
Figura 5.40 - Ecoponto DLU - Pneus e Lixo Tecnológico.....	153
Figura 5.41 - Ponto Verde Lagoa do Taquaral	154
Figura 5.42 - Lixeira de Rejeitos	155
Figura 5.43 – Cooperativa de Catadores de Recicláveis em Campinas	156
Figura 5.44 - Malha Urbana de Campinas.....	158
Figura 5.45 - Usina de Triagem e Reciclagem de Uberaba - MG	160
Figura 5.46 - Comparação do Escoamento entre os Cenários: Atual e GO	176
Figura 5.47 - Comparação do Escoamento entre os Cenários: Atual e OS	176
Figura 5.48 - Resíduos Sólidos na Microdrenagem da Área Central de Campinas	177
Figura 5.49 - Tipo de Dispositivo de Proteção de Boca de Lobo.....	178
Figura 5.50 - Protetor de Boca de Lobo	178
Figura 5.51 - Esquema de Separador Centrípeto	179
Figura 5.52 - Corte de um pavimento permeável	179
Figura 5.53 - Esquema do <i>Stormwater Cleaning System</i>	180
Figura 5.54 - Dispositivo de retenção de sólidos grosseiros	180
Figura 5.55 - Exemplos de Cerca Viva em Área Urbana	181
Figura 5.56 - Exemplo de faixa de filtro gramada.....	181
Figura 5.57 – Análise de Efetividade do IGRSU	188

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Histórico de exemplos de estudos de cenários	40
Tabela 3.2 - Componentes, Subindicadores e Finalidade do ISA	51
Tabela 3.3 - Pontuação do I_{CR}	52
Tabela 3.4 - Pontuação do I_{QR}	52
Tabela 3.5 - Pontuação do I_{SR}	53
Tabela 4.1 - Tendências do PIB e RSU per capita	71
Tabela 4.2 - Tendências da Composição Gravimétrica de RSU	72
Tabela 4.3 - Indicadores e Pesos do I_{GRSU} de Campinas - SP	74
Tabela 4.4- Evolução do PIB e renda familiar de Campinas-SP	86
Tabela 5.1 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares.....	97
Tabela 5.2- Composição Gravimétrica dos RSD.....	109
Tabela 5.3 – Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos.....	115
Tabela 5.4 - Geração de Resíduos Sólidos Domiciliares por Classe Social (2012)	117
Tabela 5.5 - Cenários de geração de RSU de Campinas	119
Tabela 5.6- Cenário <i>Global Orchestration</i> de RSU	121
Tabela 5.7 - Cenário <i>Order from Strength</i> de RSU	123
Tabela 5.8 - Cenário <i>Adapting Mosaic</i> de RSU	126
Tabela 5.9 - Cenário <i>TechnoGarden</i> de RSU	128
Tabela 5.10 - Objetivos e Metas para os Programas e Ações.....	133
Tabela 5.11 - Determinação das Variáveis do I_{GRSU} de Campinas-SP.....	136
Tabela 5.12 – Escolas Municipais para Programas de Educação Ambiental.....	147
Tabela 5.13 - Custos Anuais Estimados para o PEA e PCS.....	150
Tabela 5.14 - Custos Estimados para POCS.....	161
Tabela 5.15 - Massa de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) para Compostagem	162
Tabela 5.16 - Dimensionamento das Leiras de Compostagem	163
Tabela 5.17 - Características do Composto Orgânico Final (50%RLU; 50%RSD).....	164
Tabela 5.18 - Custos Estimados para o PCRLU.....	164
Tabela 5.19 - Características dos RSU para o Método Suíço.....	166
Tabela 5.20 – Composição típica de lixiviados de aterros velhos.....	166
Tabela 5.21 - Custos Estimados para o PTL	172
Tabela 5.22 - Tipos de Uso e Ocupação de Solo em Campinas por bacia	173
Tabela 5.23 - Valores de CN para o município de Campinas	174
Tabela 5.24 - Uso e Ocupação do Solo para 2033 - <i>Global Orchestration</i>	174
Tabela 5.25 - Uso e Ocupação do Solo para 2033 - <i>Order from Strength</i>	174
Tabela 5.26 - Valores de CN para o município de Campinas em 2033	175
Tabela 5.27 – Cenários para os Componentes Hidrológicos.....	175
Tabela 5.28 - Custos Estimados para o PCPD.....	182
Tabela 5.29 - Relação entre I_{GRSU} e Programas do Estudo de Caso de Campinas	185
Tabela 5.30 - Determinação das Variáveis do I_{GRSU} de Campinas-SP	186

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Planos por Componentes de Saneamento.....	22
Quadro 3.2 - Comparação dos Benefícios Potenciais e dos Riscos entre os Cenários Globais.....	43
Quadro 3.3 - Prognóstico de RSU do PMSB de Campinas.....	47
Quadro 3.4 - Indicador de Sustentabilidade PEIR para Cuité - PB.....	62
Quadro 4.1 - Quadro Síntese da Tese: Objetivos, Metodologias e Resultados.....	67
Quadro 4.2 - Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (CETESB, 2013).....	75
Quadro 4.3 - Análise da Condição de Salubridade.....	80
Quadro 5.1 – Valores dos Indicadores de Resíduos Sólidos para Campinas.....	139
Quadro 5.2 - Atividades para população em geral.....	144

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3 R	Reduzir, Reutilizar e Reciclar
4 R	Reduzir, Reutilizar, Reciclar, Recuperar
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
AM	<i>Adapting Mosaic</i>
ACV	Análise de Ciclo de Vida
BMP	<i>Best Management Practices</i>
CATI	Coordenadoria de Assistência Técnica Integral
CEASA	Central de Abastecimento de Campinas
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CEMPRE	Compromisso Empresarial para a Reciclagem
CICLOSOFT	Relatório de Pesquisa Anual do CEMPRE
CN	<i>Curve Number</i>
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CTRR	Central de Tratamento de Resíduos Recicláveis
D	Desfavorável
DLU	Departamento de Limpeza Urbana
EB	Esgoto Bruto
ET	Esgoto Tratado
EESC	Escola de Engenharia de São Carlos
EIA/RIMA	Estudo de Impacto Ambiental/ Relatório de Impacto Ambiental
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
F	Favorável
GIRS	Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
GO	<i>Global Orchestration</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IN	Instrução Normativa
IGRSU	Índice de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos
I _{AB}	Indicador de Abastecimento de Água
I _{ES}	Indicador de Esgotos Sanitários
I _{RS}	Indicador de Resíduos Sólidos
I _{CV}	Indicador de Controle de Vetores
I _{RH}	Indicador de Riscos de Recursos Hídricos
I _{SE}	Indicador Sócio-Econômico
ISA _c	Indicador de Salubridade Ambiental de Campinas
I _{CR}	Indicador de Coleta Regular
I _{QR}	Indicador de Tratamento e Disposição Final de RSD
I _{SR}	Indicador de Saturação do Tratamento e Disposição Final de RSD
I _{CS}	Indicador do Serviço de Coleta Seletiva
I _{PEV}	Indicador de Pontos de Entrega Voluntária
I _{RRSD}	Indicador do Reaproveitamento dos RSD
I _{VM}	Indicador do Serviço de Varrição das Vias
I _{RRLU}	Indicador de Reaproveitamento de Resíduos de Limpeza Urbana
I _{PCPD}	Indicador de Controle de Poluição Difusa Originada de Resíduos Sólidos Urbanos
ICCT	Instituto Campineiro dos Cegos Trabalhadores
IDA	Índice de Desempenho Ambiental
IGR	Índice de Gestão de Resíduos
IN	Instrução Normativa
I _{rs}	Indicador de Resíduos Sólidos
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
IQR	Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos
LEV	Locais de Entrega Voluntária de Resíduos Sólidos
MA	<i>Millennium Ecosystem Assessment</i>
MD	Muito Desfavorável
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OS	<i>Order from Strength</i>

PCJ	Piracicaba, Capivari e Jundiaí
PCPD	Programa de Controle de Poluição Difusa
PCRLU	Programa de Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana
PEIR	Pressão – Estado – Impacto - Resposta
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PGIRS	Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PIB	Produto Interno Bruto
PMC	Prefeitura Municipal de Campinas
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
POCS	Programa de Otimização de Coleta Seletiva
PTL	Programa de Tratamento de Lixiviados
RMC	Região Metropolitana de Campinas
RCC	Resíduos de Construção Civil
RLU	Resíduos de Limpeza Urbana
RSD	Resíduos Sólidos Domiciliares
RSS	Resíduos de Serviço de Saúde
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SANASA	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A
SIISB	Sistema Integrado de Informações sobre Saneamento Básico
Sisnama	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SSRH/CRHi	Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos - Coordenadoria de Recursos Hídricos
SUASA	Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária
TECAM	Tecnologia Ambiental em Campinas
TG	<i>TechnoGarden</i>
EU	União Europeia
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UTB	Unidade Territorial Básica

URM	Unidade Recicladora de Materiais
UNESP	Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
USP	Universidade de São Paulo
VFV	Veículo no Fim da Vida

LISTA DE SÍMBOLOS

%Drc	Porcentagem de domicílios rurais com coleta regular de resíduos sólidos (%)
%Duc	Porcentagem de domicílios urbanos com coleta regular de resíduos sólidos (%)
%Csu	Porcentagem de domicílios atendidos pela coleta seletiva de recicláveis (%)
%Csumax	Porcentagem máxima de domicílios urbanos atendidos por coleta seletiva (%)
%Csuatual	Porcentagem atual de domicílios urbanos atendidos por coleta seletiva (%)
%Crumax	Porcentagem máxima de domicílios rurais atendidos por coleta seletiva (%)
%Cruatual	Porcentagem atual de domicílios rurais atendidos por coleta seletiva (%)
%rratual	Porcentagem atual de reaproveitamento de recicláveis (%)
%rrmax	Porcentagem máxima de reaproveitamento de recicláveis (%)
%rrluatual	Porcentagem atual de reaproveitamento de RLU (%)
%rrlumax	Porcentagem máxima de reaproveitamento de RLU (%)
%vmatual	Porcentagem de quilômetros varridos em relação ao total de vias pavimentadas (%)
%vmmin	Porcentagem mínima de km de varrição de vias urbanas pavimentadas (%)
%vmmax	Porcentagem máxima de varrição de vias urbanas pavimentadas (%)
A	Área [m ² ; km ²]
B	Largura [m]
C	Sortividade [m ³ /s .m ²]
C	Coefficiente de escoamento superficial [adm]
CE	Coefficiente de Escoamento [adm]
CN (II)	<i>Curve Number</i> para condição de solo AMCII
CN (III)	<i>Curve Number</i> para condição de solo AMCI
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio [mg/L]
DQO	Demanda Química de Oxigênio [mg/L]
DRS _{atual}	Densidade de Resíduos Sólidos na Microdrenagem Atual
DRS _{futura}	Densidade de Resíduos Sólidos na Microdrenagem Futura
Duc	Total de domicílios urbanos atendidos por coleta de resíduos sólidos (und)
Dut	Total de domicílios urbanos em Campinas (und)
Drc	Total de domicílios rurais atendidos por coleta de resíduos sólidos (und)
Drt	Total de domicílios rurais em Campinas (und)

Fa	Infiltração durante o escoamento [mm]
H	Altura [m]
Ia	Perdas Iniciais por Interceptação [mm]
i	Intensidade de precipitação [mm/h]
IQI	Índice de Qualidade de Aterros de Inertes
IQS	Índice de Qualidade de Manejo de Resíduos de Serviço de Saúde
K	Coefficiente de compactação dos resíduos [adm]
L	Comprimento [m]
Lc	Densidade de Resíduos no período com chuva ($P > 0,5$)
Lr	Densidade de Resíduos no período sem chuva ($0 < P < 0,5$)
Mc	Massa de Resíduos no período com chuva
Mr	Massa de Resíduos no período sem chuva
MO	Matéria Orgânica
n	tempo de saturação do aterro sanitário (anos)
Nc	número de dias com chuva
nd	número de dias em que a Precipitação $> 0,5\text{mm}$
Nr	número de dias sem chuva
P	Precipitação [mm]
Pe	Lâmina de Escoamento [mm]
P _{PEV}	População Atendida pelos Pontos de Entrega Voluntária (hab)
PopUTB	População por Unidade Territorial Básica (hab)
Poptotal	População Total de Campinas (hab)
PC	Peso do Caminhão Cheio (kg)
PT	Peso Total (kg)
PV	Peso do Caminhão Vazio (kg)
Q	Vazão [m ³ /s]
S _{medio}	Capacidade média de Armazenamento do solo [mm]
T	Temperatura [°C]
t	Tempo [segundos, minutos, horas, anos]
Tr	Tempo de retorno da precipitação [anos]

tc   Tempo de concentração da bacia [h]

Vol   Volume [m³]

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	OBJETIVOS.....	3
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1	SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL	4
3.1.1	Resíduos Sólidos: Definição, Classificação e Caracterização.....	7
3.1.2	Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos.....	8
3.1.2.1	Tendências Globais da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.....	9
3.1.2.2	A Gestão Integrada de Resíduos Sólidos sob a ótica das Leis Federais nº 11.445/2007 e 12.305/2010	14
3.1.2.3	Plano Municipal de Saneamento Básico	19
3.1.2.4	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.....	22
3.2	GESTÃO E GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DOS PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO.....	25
3.2.1	Diagnóstico de Resíduos Sólidos Urbanos.....	25
3.2.1.1	Etapas do Diagnóstico e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos	25
3.2.1.2	Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil	32
3.2.2	Prognósticos e Cenários de Resíduos Sólidos Urbanos	38
3.2.2.1	Cenários.....	40
3.2.2.2	Cenários de RSU nos Planos Municipais de Saneamento Básico.....	45
3.2.3	Indicadores Ambientais	47
3.2.3.1	Índice de Gestão de Resíduos (IGR)	53
3.2.3.2	IQR Nova Proposta	55
3.2.3.3	Índice de Desempenho Ambiental (IDA).....	56
3.2.3.4	Indicador de Resíduos Sólidos nos Planos Municipais de Saneamento Básico	57
3.2.3.5	Indicador de Sustentabilidade PEIR.....	60
3.2.4	Programas e Ações para os Resíduos Sólidos Urbanos.....	62
3.2.4.1	Programas e Ações para Resíduos Sólidos no Plano Municipal de Saneamento Básico de Campinas	63
4.	METODOLOGIA.....	65
4.1	A GESTÃO INTEGRADA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO CONTEXTO DOS PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO	68
4.1.1	Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campinas-SP.....	68
4.1.2	Prognóstico de Resíduos Sólidos Urbanos	69

4.1.2.1	Cenários Prospectivos dos Resíduos Sólidos Urbanos	70
4.1.2.2	Análise de Efetividade das Ferramentas de GIRS – Cenários Múltiplos	72
4.1.2.3	Objetivos e Metas.....	72
4.1.3	Índice de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos	73
4.1.3.1	Estudo de Caso de Campinas – Programas e Ações para GIRS no Plano Municipal de Saneamento Básico	80
4.1.3.2	Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos em Campinas sob o enfoque do Decreto nº 7.404/2010	82
4.1.3.3	Análise de Efetividade das Ferramentas de GIRS - Índice de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (IGRSU).....	82
4.1.4	Desafios para a Implantação das Políticas Nacionais de Saneamento Básico e Resíduos Sólidos.....	82
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	83
4.2.1	Caracterização do Município de Campinas	83
4.2.1.1	Características Físicas e Administrativas.....	83
4.2.1.2	Características Demográficas, Saúde e Educação.....	85
4.2.1.3	Características Econômicas.....	86
4.2.1.4	Histórico da Política Municipal de Resíduos Sólidos em Campinas-SP	87
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	96
5.1	DIAGNÓSTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CAMPINAS-SP	96
5.1.1	Resíduos Domiciliares.....	96
5.1.1.1	Geração.....	96
5.1.1.2	Segregação e Acondicionamento	98
5.1.1.3	Coleta e Transporte	100
5.1.1.4	Armazenamento	102
5.1.1.5	Tratamento	106
5.1.1.6	Disposição Final.....	106
5.1.1.7	Diagnóstico da Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares	109
5.1.2	Resíduos de Limpeza Urbana	111
5.1.2.1	Geração.....	111
5.1.2.2	Acondicionamento	112
5.1.2.3	Coleta e Transporte	112
5.1.2.4	Armazenamento	113
5.1.2.5	Tratamento	114
5.1.2.6	Disposição Final.....	114

5.1.3	Síntese do Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos	114
5.2	PROGNÓSTICOS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, OBJETIVOS E METAS.....	116
5.2.1	Cenários Prospectivos	118
5.2.2	Análise de Efetividade das Ferramentas de GIRS – Cenários	129
5.2.3	Objetivos e Metas	131
5.3	ÍNDICE DE GESTÃO E GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	135
5.3.1	Programas e Ações	140
5.3.1.1	Programa de Educação Ambiental (PEA) e Comunicação Social (PCS)	143
5.3.1.2	Programa de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva dos Resíduos Domiciliares (POCS).....	151
5.3.1.3	Programa de Compostagem dos Resíduos de Limpeza Urbana (PCRLU)	162
5.3.1.4	Programa de Tratamento de Lixiviados do Aterro Sanitário Delta A em Reatores UASB, Campinas-SP (PTL)	165
5.3.1.5	Programa de Controle de Poluição Difusa Originada dos Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem (PCPD).....	173
5.3.2	Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos em Campinas sob a ótica do Decreto nº 7404/2010	183
5.3.3	Análise de Efetividade das Ferramentas de GIRS – IGRSU	184
5.4	DESAFIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DAS POLÍTICAS NACIONAIS DE SANEAMENTO BÁSICO E RESÍDUOS SÓLIDOS	189
6.	CONCLUSÃO.....	193
7.	RECOMENDAÇÕES.....	196
8.	REFERÊNCIAS	198
	ANEXO A	214
	ANEXO B	215
	ANEXO C	216
	ANEXO D	218
	ANEXO E.....	219
	ANEXO F.....	220
	APÊNDICE A	221
	APÊNDICE B.....	237
	APÊNDICE C.....	254
	APÊNDICE D	262
	APÊNDICE E.....	278

1. INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) – instituída pela Lei nº 11.445/2007 e regulamentada pelo Decreto nº 7.217/2010 – estabeleceu as diretrizes nacionais para a prestação de serviços dos quatro grandes eixos do saneamento: água de abastecimento, esgoto sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, bem como drenagem e manejo de águas pluviais.

Em termos dos resíduos sólidos, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - estabelecida pela Lei nº 12.305/2010 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010 - além de definir e classificar quanto a sua origem e periculosidade, destaca em seu Art. 13 os resíduos sólidos urbanos (RSU), como aqueles pertencentes aos resíduos domiciliares e de limpeza urbana; alvos do manejo exigido pela Lei nº 11.445/2007.

Ambas as Leis Federais nº 11.445/2007 e 12.305/2010 e seus respectivos Decretos representam um marco regulatório de avanço no setor de meio ambiente, o que as coloca no patamar das ações mais relevantes da área nos últimos anos. Além disso, tais regulamentações têm recebido grande notoriedade por vetarem acesso aos recursos federais ou geridos/administrados pela União, destinados a serviços de saneamento básico - aos titulares de serviços públicos de saneamento básico que não instituam os Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) até o exercício financeiro de 2014 e os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) até 2012, citados no Art. 18 da Lei nº 12.305/2010.

Nesse contexto, o município de Campinas - pertencente à UGRHI-5 (PCJ) - apresenta um histórico político de gerenciamento de resíduos sólidos conturbado, principalmente devido às suas antigas formas de disposição final, que exigiram a firmação de Termos de Ajustamento de Conduta (TAC) para sua recuperação.

Apesar de não possuir um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos regulamentado, nos últimos anos pode-se notar um esforço concentrado na tentativa de adequar os serviços de saneamento básico, em especial da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, a fim de atender aos requisitos exigidos pelas legislações vigentes. A exemplo disso, em 19 de dezembro de 2013 foi instituído o Plano Municipal de Saneamento Básico de Campinas, através do Decreto nº 18.199/2013.

Portanto, a presente pesquisa justifica-se no sentido de aprimorar o processo de planejamento ambiental ao testar a hipótese de como a proposição de ferramentas de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos pode beneficiar os Planos Municipais de Saneamento Básico, aplicadas ao estudo de caso de Campinas-SP, por meio do estabelecimento de metodologias para o cálculo de cenários e indicadores.

Ressalta-se que estas ferramentas de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos compõe o conteúdo mínimo dos PMSB's - Art. 19 da Lei 11.445/2007 - e são fundamentais para o planejamento e auxílio na tomada de decisão por parte dos gestores públicos, uma vez que propiciam o desenvolvimento de mecanismos de avaliação contínua na prestação dos serviços de saneamento.

2. OBJETIVOS

Propor Ferramentas de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos, através de cenários e indicadores, em benefício dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), aplicadas ao estudo de caso de Campinas-SP.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar o Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) - domiciliares e de limpeza urbana - gerados no município de Campinas-SP, de modo a contemplar as atividades de geração, acondicionamento, coleta, transporte, armazenamento, tratamento e disposição final;
- Propor metodologias para a elaboração de cenários futuros, referentes ao Prognóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos, por meio de técnicas extrapolativas e prospectivas;
- Propor e avaliar a efetividade do Índice de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (IGRSU), a fim de desenvolver um mecanismo de avaliação contínua do plano;
- Elaborar Programas e Ações voltados à Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), aplicados ao estudo de caso de Campinas-SP.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

De acordo com o Ministério das Cidades (2014), a provisão pública dos serviços de saneamento básico em larga escala somente se iniciou a partir da intensificação do processo de urbanização brasileiro, com a implantação do Plano Nacional de Saneamento – PLANASA, em 1968. Portanto, foi com o PLANASA que uma política mais incisiva de atuação sistematizada do Governo Federal foi implantada para o setor de saneamento, definindo o modelo institucional de prestação dos serviços que ainda hoje é dominante no setor. No entanto, a priori, sua organização teve como objeto principal apenas a construção de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

O Art. 23 da Constituição Federal de 1988 estabeleceu a competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios na promoção de programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico. Em seu Art. 30, a Constituição delimitou ainda como competência do poder público municipal a organização e prestação, diretamente ou sob o regime de concessão ou permissão, dos serviços públicos de interesse local, dentre os quais se enquadra o de saneamento. De modo que foi atribuída ao Ente Municipal a titularidade dos serviços de saneamento e, conseqüentemente, a responsabilidade pela formulação de sua Política de Saneamento Básico.

Em 2001, foi aprovada a Lei nº 10.257, que criou o “Estatuto da Cidade”, no qual foram fixadas diretrizes para o planejamento territorial, desenvolvimento urbano e políticas para as cidades brasileiras, as quais incluíram a obrigatoriedade de elaboração de Planos Diretores, definição de responsabilidades e obrigações do poder público, bem como criados instrumentos de participação e controle social.

A partir de 2003, com o intuito de se implantar o conceito de políticas urbanas integradas - baseadas na gestão democrática e no controle social - instaurou-se um novo processo de abertura à participação da sociedade civil, por meio das Conferências e do Conselho das Cidades. Com a criação do Conselho, em 2004, tornou-se possível o debate em torno da política urbana, de forma continuada, respeitando-se a autonomia e as especificidades dos segmentos, tais como: setor produtivo, organizações sociais, ONG's, entidades profissionais, acadêmicas e de pesquisa, entidades sindicais e órgãos governamentais.

De forma inovadora para o desenvolvimento urbano, o Governo Federal atendeu aos anseios populares que apoiaram e atuaram na elaboração do Estatuto da Cidade, através da criação no ano de 2003, do Ministério das Cidades. A política de desenvolvimento urbano - integrada às políticas setoriais de habitação, saneamento ambiental, mobilidade e transporte urbano - passou a contar com uma pasta específica, com a responsabilidade de fixar diretrizes e metas, promover a articulação dentro e fora do Governo Federal e atuar junto aos Governos Estaduais, Municipais, sociedade civil e iniciativa privada.

Em 2007, com a aprovação da Lei nº 11.445, que trata das Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico, o país passou a contar com um novo marco legal para o setor de saneamento. A citada norma veio contribuir para o preenchimento de uma lacuna político-institucional de quase duas décadas, em virtude da extinção formal do modelo do PLANASA, em meados de 80. A publicação da Lei nº 11.445/2007 foi, portanto, uma das maiores conquistas para o setor de saneamento, na medida em que foram disciplinadas regras mais claras para o estabelecimento de uma relação jurídica estável entre os atores do setor.

Dentre as principais inovações proporcionadas pela referida norma legal, destacaram-se a extensão do conceito de saneamento básico aos serviços de manejo de águas pluviais e de resíduos sólidos urbanos, bem como a obrigatoriedade do planejamento, da fiscalização e, principalmente, da regulação dos serviços, indispensáveis à universalização do acesso e à melhoria de qualidade dos serviços. A Lei nº 11.445/2007 incorporou ainda o controle social e o processo participativo da população - aspectos fundamentais no estado democrático de direito.

Em 2014, às vésperas da realização da Copa do Mundo no Brasil, a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) publicou um estudo denominado “Copa do Saneamento”, o qual fez uma comparação lúdica entre os países participantes do evento e suas respectivas situações do saneamento básico.

Na publicação, o Brasil - com índices de saneamento de 81,3% - seria “eliminado” ainda na fase de grupos, pela Croácia (98,2%) e México (85,3%), enquanto o campeão mundial seria a Alemanha, seguida da França, Holanda e Austrália (Figura 3.1). Os principais itens computados para o cálculo foram: ligações domiciliares de água, poços artesianos, captação de água, armazenamento e uso de água de chuva, existência de vaso sanitário, sistema de coleta de esgoto, fossas sépticas, dentre outros.

Figura 3.1 - “Copa do Mundo em Saneamento”

FONTE: ABES, 2014B

Após a breve contextualização sobre saneamento básico, a revisão que segue tem como foco principal a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos, um de seus quatro pilares.

3.1.1 Resíduos Sólidos: Definição, Classificação e Caracterização

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecida pela Lei nº 12.305/2010, resíduos sólidos são os materiais, substâncias, objetos ou bem descartados resultantes de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis, em face da melhor tecnologia disponível.

Mais especificamente, o Art. 13 da Lei nº 12.305/2010 classifica os resíduos sólidos quanto a sua origem e periculosidade (já existente na NBR 10.004/2004). Assim, quanto à origem, tem-se:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;

k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

Além disso, o referido Art. 13 acrescentou as características de carcinogenicidade e teratogenicidade aos Resíduos Classe I – Perigosos, já previamente classificados na NBR 10.004/2004, quanto a sua periculosidade:

- **Resíduo Classe I - Perigosos:** oferecem risco à saúde pública, podendo apresentar características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.

- **Resíduos Classe II A - não perigosos não inertes:** podem apresentar características como biodegradabilidade, combustibilidade, ou solubilidade em água e não se enquadram na Classe I ou Classe II B, como exemplo desses resíduos, tem-se os resíduos sólidos domiciliares.

- **Resíduos Classe II B - não perigosos e inertes:** quando submetidos a ensaios com água destilada, não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, exceto cor, turbidez, dureza e sabor. O exemplo mais popular são os resíduos de construção civil.

Em suma, é comprovado que a composição dos resíduos domiciliares varia muito, principalmente em função de hábitos culturais, sociais e da situação econômica do aglomerado populacional. Portanto, torna-se imprescindível a caracterização dos resíduos sólidos através de estudos que envolvam todo o seu manejo, incluindo suas formas de tratamento e disposição final.

3.1.2 Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos

A partir da constante necessidade de avanços na área para que haja a universalização e a integralidade na prestação dos serviços de saneamento básico, surgem os conceitos da Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos, os quais por serem bastante confundidos, torna-se relevante que haja um melhor detalhamento.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei 12.305/2010, a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos consiste no conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável. Enquanto o Gerenciamento de Resíduos Sólidos é o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte,

transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma da Lei.

Leite (1997) pontuou que os elementos indispensáveis na composição de um modelo de Gestão são:

- reconhecimento dos diversos agentes sociais envolvidos, identificando seus papéis e promovendo sua articulação;
- consolidação da base legal necessária e mecanismos que viabilizem a aplicação das leis;
- estabelecimento de mecanismos de financiamento para a auto sustentabilidade das estruturas de gestão e gerenciamento;
- divulgação de informações para a sociedade, por meio do Poder Público e dos setores produtivos envolvidos, de forma a haver controle social;
- criação de um sistema de planejamento integrado orientando a implantação das políticas públicas para o setor.

Assim, o modelo de Gestão irá articular três aspectos fundamentais: arranjos institucionais, instrumentos legais e mecanismos de financiamento. Castro (2001) complementou que uma vez definido o modelo básico de gestão deve-se criar uma estrutura para o gerenciamento que seja adequado a este. Desta forma, o gerenciamento de resíduos exige o emprego das melhores técnicas em busca do enfrentamento da questão, que pode resolver uma complexa relação interdisciplinar, abrangendo aspectos políticos e geográficos, planejamento local e regional, bem como elementos de sociologia, demografia, entre outros.

Como o foco da presente pesquisa é a abordagem dos resíduos sólidos nos Planos Municipais de Saneamento Básico – instrumentos da Lei Federal nº 11.445/2007 – a seguir encontra-se um detalhamento mais aprofundado sobre a Gestão Integrada e Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

3.1.2.1 Tendências Globais da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

No sentido de contextualização global, a seguir serão descritos os modelos de gestão integrada de resíduos sólidos em diferentes países, como: União Europeia, Austrália e Japão.

3.1.2.1.1 União Europeia

Na União Europeia (UE), a gestão integrada de resíduos sólidos tem como principal instrumento legislativo, a Diretiva de Resíduos 2008/98/EC, a qual define os princípios e introduz instrumentos básicos da política para sua implementação. São introduzidos os princípios do “poluidor pagador” e da “responsabilidade estendida do produtor”, além de incorporar disposições sobre resíduos perigosos e óleos residuais, bem como duas novas metas para 2020 de reuso e reciclagem para alguns resíduos domiciliares (50%) e para resíduos de construção e demolição (70%). Outras diretivas importantes que podem ser destacadas são:

- Diretiva da UE sobre Aterros (1999/31/UE);
- Diretiva da UE sobre Veículos no Fim da Vida (2000/53/ UE);
- Diretiva UE sobre Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (2002/96/ UE);
- Diretiva UE sobre embalagens e resíduos de embalagens (1994/62/ UE).

A abordagem da União Europeia para a gestão de resíduos sólidos é baseada nos seguintes princípios básicos (JURAS, 2012):

- Princípio da Prevenção – redução na fonte e minimização da periculosidade em seu conteúdo, medidas que simplificam a destinação final. Atua na melhoria dos processos produtivos por parte dos fabricantes e conscientização da população para que exija produtos mais sustentáveis;

- Reciclagem e Reuso – além das Diretivas UE, são exigidos que os Estados membros introduzam leis sobre coleta, reuso, reciclagem e disposição, o que resulta na reciclagem de mais de 50% das embalagens em alguns países;

- Desvio dos Resíduos do Aterro – estratégias nacionais para a redução de biodegradáveis nos aterros e introdução de metas quantitativas na reciclagem.

Desta forma, para cumprir os princípios citados acima, os seguintes instrumentos foram desenvolvidos pelos Estados membros da UE (JURAS, 2012):

- Padrões Mínimos de Reciclagem e Introdução de Esquemas de Reciclagem – implantados em alguns países como Áustria, Bélgica, Dinamarca, Inglaterra, Alemanha e Itália para impulsionar os resíduos para cima na hierarquia e afastá-los dos aterros, através da recuperação e redução do consumo de matéria-prima;

- Impostos sobre Resíduos – aplicados tanto na disposição em aterro, quanto na incineração;

- Banimento para a Disposição em Aterros – implementar restrições à disposição de resíduos em aterros, como para pneus inteiros e picotados; resíduos líquidos; resíduos explosivos, corrosivos, oxidantes, inflamáveis ou infecciosos; e resíduos que não foram pré-tratados;
- Responsabilidade Estendida do Produtor – através de um programa de reuso, compra de retornáveis ou reciclagem, ou na produção de energia a partir dos resíduos;
- Pagar pelo Descarte – são ferramentas úteis para evitar a geração de resíduos, aumentar a reciclagem e minimizar a quantidade de rejeitos; no entanto, deve-se atentar com as disposições irregulares.

Com a implantação dessas Diretivas na União Europeia, podem ser observados os seguintes avanços ambientais na gestão integrada de resíduos sólidos:

- Resíduos de Embalagens – a identificação de metas de reciclagem mais altas e ordens específicas por materiais, como a substituição de embalagens plásticas por papel tendem a levar a melhores resultados;
- Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos – países que atingiram as melhores metas têm maior experiência na coleta dessa classe de resíduos e envolveram os municípios e distribuidores na coleta;
- Resíduos Sólidos Urbanos Biodegradáveis – intervenções como banimento desses resíduos dos aterros e melhorias da coleta seletiva de papéis foram eficientes, além das medidas para a coleta de resíduos de cozinha e jardins terem aumentado a quantidade reciclada per capita; enquanto as metas de desvio dos aterros são mais típicas de países com menor desempenho;
- Resíduos de Construção e Demolição – taxação do aterro, separação na fonte, metas específicas de reciclagem e banimento do aterro são bastante eficientes; bem como normas específicas para o uso de resíduos reciclados da construção e demolição.

Um bom exemplo é Capannori, cidade da Itália com aproximadamente 46 mil habitantes, que foi uma das signatárias da Estratégia da União Europeia de “Lixo Zero”. Para tanto, no ano de 2010, foi implantado o sistema de coleta seletiva porta-a-porta, cuja eficiência atingiu 82% de coleta dos resíduos sólidos urbanos; ao passo que nos bairros, em que foram adotadas as “taxas do lixo”, houve um incentivo para o aumento da separação para 90%.

Além disso, o sistema de gestão foi complementado com a compostagem dos resíduos orgânicos, a qual é desenvolvida pelas próprias unidades familiares, mediante

ao desconto de 10% sobre a tarifa de resíduos. Paralelamente, criou-se o Centro de Pesquisa de Resíduo Zero, com o objetivo de pesquisar sobre a destinação e reaproveitamento dos rejeitos.

3.1.2.1.2 Suíça

Na Suíça, existem recipientes para a coleta de garrafas recicláveis em todos os supermercados, com compartimentos separados para as garrafas de vidro transparentes, verdes e marrons e para as garrafas de plásticos. Em consequência disso 80% das garrafas de plástico do tipo PET são recicladas, proporção superior à média europeia de 40% (GLEICK, 2010).

3.1.2.1.3 Austrália

Em 2009, os ministros do meio ambiente da Austrália, através do Conselho de Proteção do Meio Ambiente e do Patrimônio, endossaram a nova Política Nacional de Resíduos: “*Menos Resíduos, Mais Recursos*”, a qual definiu a orientação da gestão de resíduos e da recuperação de recursos da Austrália para 2020, através dos seguintes objetivos:

- evitar a geração de resíduos e reduzir sua quantidade para disposição final;
- gerir os resíduos como um recurso;
- garantir que o tratamento, disposição, recuperação e reuso dos resíduos sejam realizados de maneira segura, científica e ambientalmente adequada, e;
- contribuir para a redução das emissões de gases do efeito estufa, conservação e produção de energia, eficiência na gestão da água e produtividade da terra.

Nesse sentido, a política define orientações para seis áreas principais: responsabilidade compartilhada; melhoria do mercado para o consumo de reciclados; busca da sustentabilidade dos processos; redução do perigo e do risco; elaboração de soluções específicas; fornecimento de evidências e construção de bancos de dados.

3.1.2.1.4 Japão

No Japão, houve um fortalecimento da Política dos 3R's, por quatro fatores principais: progressos tecnológicos em incineração; progressos tecnológicos em

reciclagem de plásticos; rotulagem abrangente das embalagens do fluxo de reciclagem da produção; além da ampla participação dos consumidores e residências na reciclagem e na separação de materiais dos resíduos.

Destaca-se a Lei Fundamental do Ciclo dos Materiais, a qual define uma sociedade em que o consumo de recursos naturais e a carga ambiental são minimizados, através da redução na geração de resíduos, reciclagem e disposição apropriada dos rejeitos; cujos princípios se fundamentam na restrição à geração, reuso, regeneração, recuperação de calor e adequada disposição.

Além disso, a Lei do Ciclo dos Materiais estabeleceu algumas metas que ajudam a alcançar uma Sociedade com Ciclo de Material eficiente, entre elas:

- redução de resíduos de aproximadamente 60% desde o exercício fiscal 2000;
- redução da disposição final de resíduos industriais;
- mudanças na consciência e nas ações dos cidadãos;
- abordagem do Ciclo de Material Eficiente;
- incentivo ao mercado de negócios com Ciclo de Material Eficiente em relação ao exercício fiscal 2000.

Reconhecidamente avançado nas questões ambientais referentes à gestão integrada de resíduos sólidos, o Japão apresenta o seguinte arcabouço legal (Figura 3.2), onde se destacam as leis específicas de reciclagem, as quais muito contribuem para o sucesso do modelo de gestão:

Figura 3.2 - Legislação sobre Resíduos Sólidos no Japão

* VFV – Veículos no Fim da Vida

FONTE: ABRELPE e ISWA, 2012

Um bom exemplo de educação ambiental foi vivenciado pelos japoneses na Copa do Mundo de Futebol 2014, realizada no Brasil. Os japoneses foram aos estádios e surpreenderam os brasileiros, munidos de sacos azuis, os quais usaram como balões durante as partidas e posteriormente, realizaram a coleta seletiva de seus resíduos (Figura 3.3).

Figura 3.3 - Coleta Seletiva dos japoneses na Copa do Mundo

FONTE: TEIXEIRA e SOUZA, 2014

3.1.2.2 A Gestão Integrada de Resíduos Sólidos sob a ótica das Leis Federais nº 11.445/2007 e 12.305/2010

Marco de avanço na área ambiental, a Lei nº 11.445/2007 estabeleceu a Política Nacional de Saneamento Básico, por meio do planejamento e integração de quatro grandes eixos do saneamento. Assim, em seu Art. 3º, foi definido que o saneamento básico integra o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

- abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;
- esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;
- limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;
- drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de

transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

A referida Lei, através do Art. 3º de seu Decreto nº 7.217/2010, estabeleceu ainda como alguns de seus princípios fundamentais:

- universalização de acesso;
- integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados;
- utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas;
- segurança, qualidade e regularidade;
- integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

Não obstante, a Política Nacional de Resíduos Sólidos reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (art.4º, Lei nº 12.305/2010).

Ao adentrar com as questões de saneamento básico no Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos contribuiu com uma série de melhorias na maneira de como se conduzia a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos, desde a categorização dos resíduos, o estabelecimento e difusão de novos conceitos, até a exigência dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, a fim de se obter recursos financeiros junto à União.

Algumas ferramentas foram reforçadas como a Política dos 3R's (Figura 3.4 e Figura 3.5) ou 4R's - uma das premissas do gerenciamento de resíduos sólidos - através da qual se promove na sequência descrita: o incentivo a não geração de resíduos; e, uma vez que já tenham sido gerados, busca-se o uso racional da matéria-prima e energia (redução), a reutilização, a recuperação energética e por final, a reciclagem.

Figura 3.4 - Política dos 3R's

Fonte: SRHU/MMA, 2012

Figura 3.5 - Ordem de prioridades em GIRS

Fonte: ABRELPE, 2012

A exemplo do que ocorre no modelo de gestão alemão - desde a Lei de Minimização e Eliminação de Resíduos (1986) - no qual, primordialmente, deve-se evitar a geração de resíduos, aqueles não evitáveis têm de ser valorizados, na forma de recuperação do material (reciclagem) ou valorização energética (produção de energia), enquanto os resíduos não valorizáveis devem ser eliminados de forma ambientalmente compatível (Jardim *et al.*, 2012).

Esgotadas as alternativas de reaproveitamento, notoriamente foi estabelecido o conceito de rejeitos, ou seja, aqueles resíduos sólidos que, depois de findadas 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. Além do conceito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto a partir do princípio do poluidor pagador, bem como do sistema de logística reversa, contemplado no artigo 13 do Decreto 7.404/2010, o qual

regulamenta a Lei nº 12.305/2010 e obriga os fabricantes/fornecedores a receber e dar destinação final ambientalmente correta aos resíduos de significativo impacto ambiental.

Seguindo essa linha de responsabilidade compartilhada, na França, em 1992 foi atribuída aos embaladores a responsabilidade pela eliminação de resíduos de embalagens que resultem do consumo doméstico de seus produtos. As empresas têm como alternativa: adotar um sistema individual de depósito e retorno autorizado e controlado pelo poder público, ou contribuir para um sistema coletivo que favoreça o desenvolvimento da coleta seletiva de embalagens, com adesão a uma entidade credenciada pelo poder público – por exemplo, *Adelphe* e *Eco-Emballages* (Jardim *et al.*, 2012).

Na Espanha, a Lei nº 10/1998 aplica o princípio do poluidor-pagador, no qual recai sobre o próprio bem, no momento de sua colocação no mercado, os custos da gestão adequada de seus resíduos, assim como de seus acessórios, como as embalagens; inclusive, com o estabelecimento de metas de valorização, reciclagem e redução dos resíduos de embalagens gerados. Desta forma, o produtor, importador, comerciante, agente e intermediário ou qualquer responsável pela colocação de produtos no mercado que, com seu uso, se convertam em resíduos, é obrigado a:

- elaborar produtos ou utilizar embalagens que, por suas características de desenho, fabricação, comercialização ou utilização, favoreçam a prevenção da geração de resíduos e facilitem sua reutilização, reciclagem ou valorização de seus resíduos, ou permitam sua eliminação da forma menos prejudicial à saúde humana e ao meio ambiente;
- assumir diretamente a gestão dos resíduos derivados de seus produtos, participar de um sistema organizado de gestão desses resíduos ou contribuir economicamente com os sistemas públicos de gestão de resíduos, de forma a cobrir os custos atribuíveis à gestão desses resíduos;
- providenciar, caso não se aplique o disposto no item anterior, um sistema de depósito, devolução e retorno dos resíduos derivados de seus produtos, assim como dos próprios produtos fora de uso;
- informar anualmente aos órgãos competentes os resíduos produzidos no processo de fabricação e o resultado qualitativo e quantitativo das operações efetuadas.

Além disso, em países como Áustria, Dinamarca, Hungria, Itália, Suíça e Japão, são cobradas taxas sobre produtos, como embalagens. Enquanto os integrantes da OCDE adotam sistemas de depósito-retorno para recipientes de vidro de bebidas - os quais, atualmente, têm sido estendidos para embalagens de alimentos (PET, latas e garrafas), bem como baterias de automóveis, lâmpadas, recipientes de agrotóxicos, utilidades domésticas e óleo lubrificante. Entre os países da América do Sul, registram-se depósitos-retorno no Chile com sistema voluntário instituído pela indústria para estimular a reutilização de embalagens - de vidro e plástico - de cervejas e outras bebidas; e na Venezuela, para garrafas de vidro de refrigerantes (Jardim *et al.*, 2012).

Retomando a Política Nacional de Resíduos Sólidos, ainda pode ser citada a integração dos salutaros princípios do protetor-recebedor; da ecoeficiência; do reconhecimento do valor do resíduo reutilizável e reciclável; do direito da sociedade à informação e ao controle social; da razoabilidade e proporcionalidade; da visão sistêmica na gestão de resíduos sólidos, a qual abrange múltiplas dimensões - variáveis ambientais, sociais, culturais, econômicas, tecnológicas e de saúde pública.

Ademais, foi promovida a integração entre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA - Lei nº 6.938/1981) e a articulação com a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA - Lei nº 9.795/1999), Política Federal de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) e Lei dos Consórcios Públicos (Lei nº 11.107/2005).

Em suma, tanto a Lei Federal nº 11.445/2007 como a nº 12.305/2010, que definiram a Política Nacional de Saneamento Básico e a Política Nacional de Resíduos Sólidos respectivamente, representam um marco regulatório de avanço no setor de meio ambiente, além da saúde pública, por proporcionar maior qualidade de vida à população, o que as coloca no patamar das ações mais relevantes na área ambiental dos últimos anos.

Aliadas aos incontestáveis avanços ambientais, tais leis têm recebido grande notoriedade por meio de seus respectivos decretos, ao vetarem acesso aos recursos federais ou geridos/administrados por órgão ou entidade da União, quando destinados a serviços de saneamento básico - àqueles titulares de serviços públicos de saneamento básico que não instituírem os Planos Municipais de Saneamento Básico até o exercício financeiro de 2014 e os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos até 2012.

3.1.2.3 Plano Municipal de Saneamento Básico

Conforme Figura 3.6, focada nos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), o Art. 19 da Lei nº 11.445/2007 estabelece seu conteúdo mínimo, ficando a critério do responsável, a especificidade para cada serviço:

- diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas;
- objetivos e metas de curto, médio e longo prazos para a universalização, admitidas soluções graduais e progressivas, observando a compatibilidade com os demais planos setoriais;
- programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento;
- ações para emergências e contingências;
- mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas.

Figura 3.6 - Conteúdo dos Planos Municipais de Saneamento Básico

FONTE: MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2012

A Política Nacional de Saneamento Básico acrescenta ainda como algumas de suas diretrizes gerais, que:

- os planos de saneamento básico serão editados pelos titulares, podendo ser elaborados com base em estudos fornecidos pelos prestadores de cada serviço;
- a consolidação e compatibilização dos planos específicos de cada serviço serão efetuadas pelos respectivos titulares,
- os planos de saneamento básico deverão ser compatíveis com os planos das bacias hidrográficas em que estiverem inseridos,
- os planos de saneamento básico serão revistos periodicamente, em prazo não superior a 4 (quatro) anos, anteriormente à elaboração do Plano Plurianual.
- será assegurada ampla divulgação das propostas dos planos de saneamento básico e dos estudos que as fundamentem, inclusive com a realização de audiências ou consultas públicas;
- a delegação de serviço de saneamento básico não dispensa o cumprimento pelo prestador do respectivo plano de saneamento básico em vigor, à época da delegação.
- quando envolverem serviços regionalizados, os planos de saneamento básico devem ser editados, em conformidade com o estabelecido no art. 14 da Lei nº 11.445/2007;
- exceto quando regional, o plano de saneamento básico deverá englobar integralmente o território do ente da Federação que o elaborou.

Assim, de acordo com o Ministério das Cidades (2014), o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) prevê que até 2030, 98% dos domicílios brasileiros sejam abastecidos por rede de distribuição, poço ou nascente, com canalização interna; 88% dos domicílios brasileiros sejam atendidos por rede coletora ou fossa séptica para excretas ou esgotos sanitários; 100% dos domicílios urbanos sejam atendidos por coleta direta de resíduos sólidos; e apenas 11% dos municípios brasileiros ainda tenham inundações e/ou alagamentos ocorridos na área urbana nos últimos cinco anos. Além disso, no Plano, estima-se que 90% dos municípios do país tenham Plano de Saneamento Básico. A Figura 3.7 mostra uma previsão de necessidades de investimentos (em bilhões de reais) para cada setor, a fim de que as metas sejam atingidas.

Figura 3.7 - Investimentos previstos no PLANSAB

FONTE: MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2014

Todavia, com a regulamentação da Lei Federal nº 11.445/2007 pelo Decreto Federal nº 7.217/2010, observa-se um quadro geral de dificuldades na elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico por parte das municipalidades; fato comprovado pelo baixo índice de PMSB entregues dentro do prazo de 2014 – menos de 30%.

Essa realidade pôde ser evidenciada também nas Bacias do PCJ, por meio de dados da Agência Reguladora dos Serviços de Saneamento das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (ARES – PCJ, 2014), que em diagnóstico sobre os 30 municípios de sua regulação no início do ano, constatou que apenas Atibaia, Campinas, Iracemápolis e Vinhedo tiveram seus PMSB aprovados dentro do prazo, sendo os dois primeiros via Decreto e os demais por Lei Municipal.

Paralelamente, o Instituto Trata Brasil (2014) avaliou a situação do saneamento básico nos cem (100) maiores municípios do país, conforme Quadro 3.1. Nesse diagnóstico, Campinas se classificou entre os doze municípios que atendem integralmente o conteúdo mínimo dos Planos Municipais de Saneamento Básico, estabelecido pela Lei Federal nº 11.445/2007, no que se refere a:

- abrangência dos quatro componentes - água de abastecimento, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana;
- diagnóstico, objetivos e metas, bem como ações de emergência e contingência;
- viabilidade econômico-financeira, participação social e regulação.

Quadro 3.1 - Planos por Componentes de Saneamento

Características	Quant.
Planos que contemplaram abast. de água, esgot. sanitário , manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais	34
Planos com apenas abast. de água e esgot. sanitário	15
Planos com abast. de água, esgot. sanitário e manejo de resíduos sólidos	5
Planos com abast. de água, esgot. sanitário e drenagem de águas pluviais	1
Planos com somente esgot. sanitário	3
Planos com somente manejo de resíduos sólidos	5
Planos onde não foi possível identificar os componentes.	3
Municípios sem Planos	34
Total	100

FONTE: INSTITUTO TRATA BRASIL, 2014

Em decorrência do baixo percentual de entrega dos planos, foi regulamentado o Decreto Federal nº 8.211/2014 que altera seu prazo final de entrega para 31 de dezembro de 2015 e o estabelecimento do controle social, por meio de legislação específica até 31 de dezembro de 2014; a fim de que os titulares de serviço tenham acesso aos recursos geridos pela União.

3.1.2.4 Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

O Artigo 19 da Lei nº 12.305/2010 estabelece que os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos devem apresentar como conteúdo mínimo:

- diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, contendo a origem, o volume, a caracterização dos resíduos e as formas de destinação e disposição final adotadas;
- identificação de áreas favoráveis para disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, observado o Plano Diretor de que trata o §1º do Art. 182 da Constituição Federal e o zoneamento ambiental, se houver;
- identificação das possibilidades de implantação de soluções consorciadas ou compartilhadas com outros Municípios, considerando, nos critérios de economia de escala, a proximidade dos locais estabelecidos e as formas de prevenção dos riscos ambientais;

- identificação dos resíduos sólidos e dos geradores sujeitos a plano de gerenciamento específico nos termos do Art. 20 ou o sistema de logística reversa na forma do Art. 33, observadas as disposições desta Lei e de seu regulamento, bem como as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- procedimentos operacionais e especificações mínimas a serem adotados nos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, incluída a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, observada a Lei nº 11.445, de 2007;
- indicadores de desempenho operacional e ambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;
- regras para o transporte e outras etapas do gerenciamento de resíduos sólidos de que trata o Art. 20, observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e demais disposições pertinentes da legislação federal e estadual;
- definição das responsabilidades quanto à sua implementação e operacionalização, incluídas as etapas do plano de gerenciamento de resíduos sólidos a que se refere o Art. 20 a cargo do poder público;
- programas e ações de capacitação técnica voltados para sua implementação e operacionalização;
- programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos;
- programas e ações para a participação dos grupos interessados, em especial das cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda, se houver;
- mecanismos para a criação de fontes de negócios, emprego e renda, mediante a valorização dos resíduos sólidos;
- sistema de cálculo dos custos da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, bem como a forma de cobrança desses serviços, observada a Lei nº 11.445, de 2007;
- metas de redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;

- descrição das formas e dos limites da participação do poder público local na coleta seletiva e na logística reversa, respeitado o disposto no Art. 33 e de outras ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito local, da implementação e operacionalização dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos de que trata o Art. 20 e dos sistemas de logística reversa previstos no Art. 33;
- ações preventivas e corretivas a serem praticadas, incluindo programa de monitoramento;
- identificação dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos, incluindo áreas contaminadas e respectivas medidas saneadoras;
- periodicidade de sua revisão, observado prioritariamente o período de vigência do plano plurianual municipal.

Segundo a definição de Jardim para Jucon (2010), os Estados e municípios – embasados pelas diretrizes da PNRS – deverão estabelecer legislações próprias, de acordo com suas peculiaridades e realidades, de forma a proporcionar às respectivas populações um modelo eficiente que priorizará a não geração de resíduos, a reciclagem e a destinação adequada, as quais estarão diretamente associadas ao cotidiano de cada cidadão.

A título de exemplo, na tentativa de reduzir o volume de seus resíduos sólidos de 98,2% para 20%, a Prefeitura Municipal de São Paulo apresentou em seu Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos algumas metas para que até o ano de 2033, pelo menos 30% dos paulistanos tratem a fração orgânica de seus resíduos através da compostagem.

Entre suas ações com metas “ousadas”, o Plano prevê a distribuição inicial gratuita de 2.000 composteiras e a construção de quatro centrais de reciclagem, as quais visam aumentar o volume de reciclados de 250 t/d para 1250 t/d. Para tanto, a coleta seletiva será estendida para os 96 distritos até 2016 – atualmente são atendidos 75 distritos, que correspondem a 42% dos domicílios paulistanos; bem como serão construídos três Ecoparques para o recebimento de rejeitos (fraldas, papel higiênico, etc.), a exemplo do realizado na Espanha e Alemanha.

Legalmente, o Art. 19 da PNRS prevê que os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) podem estar inseridos nos Planos de Saneamento Básico (PMSB) – descritos no Art. 19 da Lei nº 11.445/2007 - desde que

respeitem o conteúdo mínimo descrito nos incisos do caput e observado o disposto no § 2º. Tal observação é fundamental, uma vez que a Lei de Saneamento Básico faz referência apenas à "limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos", ou seja, àqueles provenientes dos resíduos domiciliares e da varrição e limpeza dos logradouros e vias públicas, os quais serão alvo de estudo na presente pesquisa.

Por conseguinte, buscando a articulação intersetorial entre os Planos, a seguir apresenta-se uma revisão sobre as etapas do conteúdo mínimo dos Planos Municipais de Saneamento Básico que serão abordadas na presente Tese de Doutorado, bem como suas principais ferramentas de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos.

3.2 GESTÃO E GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DOS PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO

Em atendimento às Políticas Nacionais de Saneamento Básico e de Resíduos Sólidos, bem como seus respectivos decretos regulamentadores, serão detalhados alguns dos requisitos mínimos que deverão compor os Planos Municipais de Saneamento Básico, no que tange a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos.

3.2.1 Diagnóstico de Resíduos Sólidos Urbanos

A fim de fundamentar alguns conceitos básicos, o Diagnóstico de Resíduos Sólidos Urbanos – primeira etapa dos Planos Municipais de Saneamento Básico - foi subdividido em dois itens, os quais serão detalhados a seguir:

- Etapas do Diagnóstico e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos;
- Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil.

3.2.1.1 Etapas do Diagnóstico e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos

Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos é, em síntese, o envolvimento de diferentes órgãos da administração pública e da sociedade civil com o propósito de realizar a limpeza urbana, a coleta, o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos, de forma a garantir a qualidade de vida da população, bem como promover o asseio da cidade, ao considerar as características das fontes de geração, o volume e os tipos de resíduos – a ser dado tratamento diferenciado e disposição final

técnica e ambientalmente corretas – de acordo com as características sociais, culturais, econômicas dos cidadãos, as peculiaridades demográficas, ações normativas, climáticas e urbanísticas locais (MONTEIRO *et al.*, 2001).

3.2.1.1.1 Acondicionamento

Acondicionar os resíduos domiciliares significa prepará-los para a coleta de forma sanitariamente adequada, bem como compatível com o tipo e a quantidade de resíduos. A qualidade da operação de coleta e transporte de resíduos sólidos depende da forma adequada do seu acondicionamento, armazenamento e da disposição dos recipientes no local, dia e horários estabelecidos pelo órgão de limpeza urbana para a coleta (MONTEIRO *et al.*, 2001).

Fonseca (2001) considera que é uma tarefa da limpeza urbana, por intermédio da Municipalidade tentar educar a população no sentido de conscientizá-la a acondicionar o lixo, e se possível de maneira padronizada. Assim, o recipiente para a coleta deve satisfazer os seguintes requisitos:

- ter condições sanitárias preconizadas;
- ser estético, não provocar repulsão ou rejeição;
- ter a capacidade de atendimento, em termos de volume, entre duas coletas;
- permitir uma coleta rápida, em contribuição à produtividade do trabalho;
- garantir uma manipulação segura por parte da guarnição.

De acordo com ABES (2012B), o Ministério do Meio Ambiente criou um Grupo de Trabalho para discutir o consumo sustentável de sacolas plásticas e propor formas de discipliná-lo. Entre as atribuições do grupo, está a identificação de tecnologias disponíveis no Brasil e seus impactos sobre o meio ambiente, o que possibilitará a criação de certificados para os diversos tipos de sacola, com o intuito de orientar o consumidor.

No mundo, as mudanças começaram a ser notadas com a adoção de medidas restritivas. Os consumidores da pioneira Irlanda preferiram usar sacolas retornáveis ao invés de terem de pagar pelo uso de sacolas plásticas. Já no México, foi proibido o fornecimento dessas embalagens, enquanto na Itália e na Índia foi banido o uso das sacolas de polietileno, ao passo que a China faz uso de sacolas biodegradáveis desde 2008.

3.2.1.1.2 Coleta

Coletar os resíduos sólidos significa recolher a demanda - já acondicionada pelo gerador - para encaminhá-la, mediante transporte adequado, a uma possível estação de transferência, tratamento e por fim, à disposição final, com o intuito também de evitar problemas de saúde que esta possa propiciar. Em geral, a coleta e o transporte dos resíduos domiciliares das residências, estabelecimentos públicos e pequenos comércios são efetuados pelo órgão municipal encarregado da limpeza urbana. Para esses serviços, podem ser usados recursos próprios da Prefeitura, de empresas sob contrato de terceirização ou sistemas mistos, como o aluguel de viaturas e a utilização de mão-de-obra da Prefeitura (MONTEIRO *et al.*, 2001).

Desta forma, para um bom andamento na coleta é importante que haja comprometimento entre o órgão responsável pela prestação do serviço e o gerador dos resíduos. O primeiro deve garantir que todos os cidadãos sejam atendidos pelo serviço e cumprir com os dias, locais e horários pré-estabelecidos, a fim de evitar que o resíduo permaneça por tempo indesejado nos locais de coleta. Já o segundo, deve acondicionar o seu resíduo em recipientes corretos e também respeitar a frequência com que a coleta ocorre (FONSECA, 2001).

De acordo com Jardim *et al.* (1995), o dimensionamento e a programação dos serviços de coleta domiciliar podem ser divididos nas seguintes etapas:

- estimativa do volume de lixo a ser coletado;
- definição das frequências de coleta;
- definição dos horários de coleta domiciliar;
- dimensionamento da frota dos serviços;
- definição dos itinerários de coleta.

Jardim *et al.* (1995) recomenda ainda que para o cálculo desta estimativa, existem dois métodos. O primeiro é o monitoramento do total de resíduos coletados por meio da pesagem de todos os veículos carregados no local de disposição final. Para isto, cada um dos veículos deve ser pesado vazio anteriormente à realização da coleta. De modo que, para obter a quantidade de resíduos coletados naquele dia, basta subtrair a pesagem do caminhão carregado pela pesagem do caminhão vazio. Já o segundo, é o monitoramento parcial da coleta, em que se realiza o monitoramento em locais representativos do município - inclusive nas áreas, onde a população possui baixa,

média ou alta renda. A partir da amostra adquirida, os dados são expandidos para todo o município e é possível ter uma estimativa da quantidade de resíduos gerada no município.

Por razões climáticas do país, o tempo decorrido entre a geração do resíduo domiciliar e seu destino final não deve exceder uma semana, a fim de evitar proliferação de moscas, aumento do mau cheiro e a atratividade que este exerce sobre roedores, insetos e outros animais. Há que se considerar ainda que nas favelas ou em comunidades carentes, geralmente, as edificações não têm capacidade para armazená-lo por mais de um dia. O mesmo ocorre nos centros das cidades, onde os estabelecimentos comerciais e de serviços - além da falta de local apropriado para o armazenamento, geram lixo em quantidade considerável. Em ambas as situações, é conveniente estabelecer a coleta domiciliar com frequência diária (MONTEIRO *et al*, 2001).

No município do Rio de Janeiro, a COMLURB testa um novo sistema de coleta de resíduos sólidos (Figura 3.8) com cinquenta contêineres metálicos, cuja capacidade é de 3.200 litros. Esses dispositivos são recolhidos por um caminhão compactador, que os esvazia lateralmente em operação automatizada, sendo de três tipos: resíduos domiciliares, de limpeza urbana e materiais recicláveis.

Figura 3.8 - Coleta Automatizada de Contêineres no Rio de Janeiro

Fonte: ABES (2013E)

3.2.1.1.3 Transporte

Os resíduos sólidos precisam ser transportados mecanicamente do ponto de geração ao de destino final. Este serviço caracteriza-se pelo envolvimento dos cidadãos, que devem acondicionar o lixo adequadamente e apresentá-lo em dias, locais e horários

pré-estabelecidos (JARDIM *et al.*, 1995). De acordo com Monteiro *et al.* (2001), um bom veículo de coleta de lixo domiciliar deve possuir as seguintes características:

- não permitir derramamento do resíduo ou lixiviados na via pública;
- apresentar taxa de compactação de pelo menos 3:1, ou seja, cada 3m³ de resíduos ficarão reduzidos, por compactação, a 1m³;
- apresentar altura de carregamento na linha de cintura dos garis, ou seja, no máximo a 1,20m de altura em relação ao solo;
- possibilitar esvaziamento simultâneo de pelo menos dois recipientes por vez;
- possuir carregamento traseiro, de preferência;
- dispor de local adequado para transporte dos trabalhadores;
- apresentar descarga rápida do lixo no destino (no máximo em três minutos);
- possuir compartimento de carregamento (vestíbulo) com capacidade para no mínimo 1,5m³;
- possuir capacidade adequada de manobra e de vencer aclives;
- possibilitar basculamento de contêineres de diversos tipos;
- distribuir adequadamente a carga no chassi do caminhão; e
- apresentar capacidade adequada para o menor número de viagens ao destino, nas condições de cada área.

3.2.1.1.4 Tratamento

Define-se tratamento como uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja ao impedir o seu descarte em ambiente ou local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável (FONSECA, 2001).

De acordo com Monteiro *et al.* (2001), existem processos físicos e biológicos que estimulam a atividade dos microrganismos que atacam os resíduos - ao decompor a matéria orgânica - sendo que as usinas de incineração ou de reciclagem e compostagem interferem sobre essa atividade biológica até que ela cesse, tornando o resíduo inerte e não mais poluidor.

A incineração é também um tratamento eficaz para reduzir o volume, tornando o resíduo absolutamente inerte em pouco tempo, desde que realizada de forma adequada. Contudo, consiste num processo dispendioso, principalmente em razão da necessidade

de filtros e implementos tecnológicos sofisticados para diminuir ou eliminar a poluição do ar provocada por gases emitidos durante a queima.

As usinas de reciclagem e compostagem geram emprego e renda e podem reduzir a quantidade de resíduos que deverão ser dispostos em aterros sanitários. A economia da energia que seria gasta na transformação da matéria-prima - já contida no reciclado - e a transformação do material orgânico do resíduo em composto orgânico adequado para condicionar o solo representam vantagens ambientais e econômicas importantes proporcionadas pelas usinas de reciclagem e compostagem.

3.2.1.1.5 Disposição Final

De acordo com a Lei Federal nº 12.305/2010, a disposição final ambientalmente correta consiste na distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Esse conceito integra também a destinação final ambientalmente adequada, a qual abarca ainda a reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e o aproveitamento energético, bem como outras destinações permitidas pelos órgãos componentes do Sisnama, SUASA e SNVS, desde que observem normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e segurança, além de minimizar os impactos ambientais adversos.

Sucintamente, a seguir são comentadas as características das principais formas de disposição final de resíduos sólidos empregadas no Brasil.

Lixão

Método que consiste em dispor os resíduos sólidos no solo, a céu aberto sem nenhuma forma de tratamento - é altamente prejudicial à saúde pública e ao meio ambiente. Apesar disso, por muito tempo, foi empregado em larga escala pelos municípios brasileiros e países de terceiro mundo (FONSECA, 2001).

Aterro Controlado

De acordo com Fonseca (2001), esse método nada mais é que uma adaptação melhorada da forma anterior, em que os resíduos sólidos recebem diariamente a cobertura de uma camada de material inerte. Porém, essa cobertura é feita de forma aleatória, sem nenhum procedimento técnico, de forma a não evitar os impactos de poluição gerados pelos resíduos sólidos, já que não são levados em conta os mecanismos de formação de gases, líquidos e outros.

Aterro Sanitário

Segundo Fonseca (2001) é um processo baseado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas que garantem uma confinção segura, no que diz respeito ao controle da poluição ambiental e à proteção do meio ambiente. Ainda de acordo com o autor, para a construção de aterros sanitários devem ser tomadas algumas medidas:

- proteger as águas superficiais e subterrâneas de possível contaminação oriunda do aterro;
- dispor, acumular e compactar diariamente os resíduos aterrados na forma de células, por meio de técnicas corretas, a fim de possibilitar o tráfego imediato de caminhões coletores, equipamentos e reduzir recalques futuros do local;
- recobrir diariamente com uma fina camada de terra de 20cm, para impedir a procriação de roedores, insetos e outros vetores, bem como a presença de catadores e animais à procura de materiais ou alimentos;
- controlar as emissões gasosas e os efluentes líquidos gerados no aterro, de forma a propiciar sua destinação ambientalmente correta;
- manter os acessos internos e externos em boas condições, mesmo em tempo de chuva;
- isolar e tornar indepassável o aterro, de modo a evitar incômodos à vizinhança.

Aterro de Rejeitos

De acordo com Contrera (2013), as formas de disposição final de resíduos sólidos urbanos (RSU) podem ser classificadas sobre dois contextos diferentes: adequação ambiental e grau de sustentabilidade. De modo que nessa classificação, a alternativa empregada atualmente no Brasil como ambientalmente adequada – aterros sanitários – não se enquadra como sustentável. A Figura 3.9 apresenta as formas de disposição final, sob os contextos da adequação ambiental e o grau de sustentabilidade.

Figura 3.9 - Disposição Final de RSU: Adequação Ambiental x Sustentabilidade

FONTE: Adaptado de CONTRERA (2013).

No entanto, caso sejam atendidas as exigências da Lei nº 12.305/2010 – PNRS; ou seja, sejam implantados os Aterros Sanitários de Rejeitos, essa forma de disposição final enquadraria-se como parcialmente sustentável, já que após aplicadas todas técnicas de tratamento e reaproveitamento dos RSU (reutilização, recuperação, reciclagem, etc.), apenas os rejeitos seriam encaminhados aos aterros.

3.2.1.2 Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil

As informações do Diagnóstico de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil foram baseadas nos relatórios oficiais publicados pelo Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS) em 2013 - referentes ao ano de 2011 - mediante confronto com

demais estudos publicados por outras instituições: CEMPRE (2012), ABRELPE (2011), IBGE (2011).

De acordo com pesquisas do SNIS (2013), dos 5.565 municípios brasileiros entrevistados, foram obtidas respostas válidas de 2.100, o que resultou numa taxa de resposta de 37,7% e num crescimento de 30 municípios (1,2%) na base de dados, quando comparada ao ano de 2010. Foi apontado ainda que - apesar do universo da edição 2011 ser um pouco maior - o percentual da administração pública direta como órgão gestor recuou 2%, resultado este que, presumivelmente, deverá diminuir com a inserção de um maior número de municípios de pequeno porte, já que nestes a administração pública direta predomina largamente, como pode ser visualizado na Figura 3.10.

Figura 3.10 - Órgãos Gestores de RSU participantes do SNIS 2011

FONTE: SNIS, 2013

Quanto à taxa de cobertura de coleta regular de resíduos domiciliares, o SNIS não considera os tipos de coleta adotados (porta-a-porta, sistema estacionário, etc.), apenas a frequência mínima admitida de uma vez por semana, tanto para área urbana, quanto rural. Assim, da taxa de cobertura de coleta na zona urbana, tem-se um valor de 98,8% de abrangência para a Região Sudeste, como pode ser visualizado na Figura 3.11.

A Figura 3.12 mostra a massa per capita de RSU coletada por região do Brasil, a qual sugere um valor menor para as regiões economicamente mais desenvolvidas do país; ou seja, a Sudeste e o Sul, com 0,90 e 0,77 kg/hab.dia, respectivamente. No entanto, a maior incidência nas regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste pode também estar relacionada à crescente participação do setor privado na coleta de resíduos ou à existência de executores clandestinos.

Figura 3.11 - Taxa de Cobertura da Coleta Regular de RSU

FONTE: SNIS (2013)

Figura 3.12 - massa de RSU coletados em 2011 por Região

FONTE: Adaptado SNIS (2013)

Segundo o levantamento do SNIS (2012), a média nacional da quantidade de resíduos sólidos recolhidos via coleta seletiva era de 9,60 kg/ hab/ ano e nos municípios em que era procedida a separação, cerca de 20% da coleta era efetuada pela própria Prefeitura, 43% por empresas contratadas pela Prefeitura e 37% por catadores apoiados pela Prefeitura.

Apesar da abrangência de municípios com coleta seletiva ser relativamente baixo (865 ou 41,2%), houve um acréscimo em torno de 2% no total de municípios que dispõe do referido serviço, se comparado ao ano anterior (39,1%). A Figura 3.13 aponta a massa per capita de recicláveis coletada para as cinco regiões do Brasil.

Figura 3.13 - Abrangência de Coleta Seletiva por Região do Brasil

FONTE: Adaptado SNIS (2013)

Um fator importante a ser comentado é que apesar do número de municípios com coleta seletiva apurado no SNIS (2013) ser baixo (865), ainda sim é superior às estimativas do CEMPRE (2012), que apontou 766 municípios. No entanto, esse número fica aquém do valor apontado pela ABRELPE em seu Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil 2011, a qual indica a existência de coleta seletiva em 3.205 municípios do país, com a ressalva de que muitas vezes tais atividades resumem-se na disponibilização de pontos de entrega à população ou a simples formalização de convênios com Cooperativas de Catadores de recicláveis. Já o IBGE, em seu Atlas de Saneamento 2011, acusa um montante de 1.001 municípios com coleta seletiva.

A disparidade entre esses valores evidencia a dificuldade na formação de um banco de dados relativo ao saneamento básico no Brasil, seja pela metodologia de amostragem adotada, valores incoerentes, ou mesmo pela inexistência desses dados por parte das municipalidades.

A Figura 3.14 aponta que na composição gravimétrica dos RSU, aproximadamente 30% da massa total é de recicláveis secos potencialmente reaproveitáveis; no entanto apenas 6% desta, são recuperadas.

Figura 3.14 - Massa de Recicláveis x Massa Recuperada

FONTE: Adaptado SNIS (2013)

Freitas e Leme (2014) estimaram que cerca de cinquenta cidades do Brasil tenham contrato entre as Prefeituras e as Cooperativas de Catadores para a coleta seletiva de recicláveis, sem a necessidade de licitação; no qual as entidades são remuneradas via contrato e lucram com a comercialização dos resíduos segregados. Dentre as cidades, destacam-se:

- Natal (RN), em que duas Cooperativas realizam coleta porta a porta em 60% do município, há cerca de dois anos;
- São Paulo, onde dos 75 distritos que possuem coleta seletiva - em 36, a coleta é realizada por Cooperativas, das quais totalizam 21 entidades contratadas. Nesse modelo, a Prefeitura arca com as despesas do galpão, aluguel de caminhões, fornecimento de EPI's. Enquanto, as Cooperativas também recebem os recicláveis coletados pelas concessionárias de serviços;
- Guarulhos ainda estuda a possibilidade de contratação, já que os 90 cooperados conseguiram recursos e financiamentos para a compra de seus caminhões e chegam a recolher 250 toneladas/mês, atendendo nove regiões da cidade há mais de dez anos.

A Figura 3.15 apresenta a composição da frota de veículos utilizados na coleta regular de RSU, os quais eram predominantemente de propriedade privada (58,5%), para o ano base de 2012.

Figura 3.15 - Veículos da Coleta Regular de RSU

FONTE: SNIS (2013)

Quanto à existência de cobrança pela coleta regular de RSU, dentre os 986 municípios que discriminaram a forma de cobrança desses serviços, verifica-se que a inserção de taxa específica no boleto do IPTU é a forma generalizada de execução, alcançando 88,8% dos casos. De forma que, da despesa total com o manejo dos resíduos sólidos urbanos, quando rateada pela população urbana, resulta em um valor médio anual de R\$ 86,86 por habitante.

Por fim, a Figura 3.16 mostra as formas de destinação final de RSU adotadas no Brasil, destacando o Aterro Sanitário (46%), como atual alternativa ambientalmente adequada de disposição final.

Figura 3.16 - Alternativas de Destinação Final de RSU

FONTE: SNIS (2013)

De acordo com o Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares - IQR (2011) - publicado pela CETESB - na UGRHI05-PCJ, 10 municípios encontram-se enquadrados como Controlados e 47 como Adequados, sendo que 92,1% dos resíduos gerados são correspondentes à condição adequada.

A Figura 3.17 apresenta as classes do IQR 2011 para os municípios das Bacias PCJ. Com a elaboração da metodologia IQR Nova Proposta em 2012, o valor do indicador se estabeleceu em 9,8 – a qual classificou a destinação final dos resíduos sólidos urbanos de Campinas como adequada. Já para o ano de 2013, o valor do IQR Nova Proposta foi de 9,6, ainda sob condições adequadas.

Figura 3.17 - Classes do IQR para municípios das Bacias PCJ

FONTE: CETESB, 2012

Ressalta-se que a breve contextualização do diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, foi apresentada com o intuito de subsidiar a discussão específica do município de Campinas - frente à gestão integrada de resíduos sólidos urbanos do Plano Municipal de Saneamento Básico - estudo de caso da presente pesquisa. De modo que tal abordagem será detalhada no capítulo seguinte.

3.2.2 Prognósticos e Cenários de Resíduos Sólidos Urbanos

Segundo Santos (2004), os cenários futuros representam simulações de diferentes situações, prognósticos das condições [...] em um tempo mais ou menos próximo. Nada mais são do que quadros hipotéticos de um futuro plausível. Podem ser

usados para auxiliar o planejador a identificar o que poderia acontecer se determinados eventos ocorressem ou certos planos ou políticas fossem introduzidas.

De acordo com o Termo de Referência para execução dos Planos Municipais de Saneamento Básico exigidos pela Lei nº 11.445/2007, o Prognóstico de Resíduos Sólidos deverá abordar, no mínimo, os seguintes aspectos:

- estimar a produção de lixo e percentuais de atendimento pelo sistema de limpeza urbana, com base nos estudos demográficos;
- elaborar planilhas com estimativas anuais dos volumes de geração de resíduos sólidos classificados em (I) total, (II) reciclado, (III) compostado e (IV) aterrado, plotando os valores em gráficos;
- propor formas de coleta e transporte de resíduos, incorporando conceitos de minimização na fonte, tendo em vista o gerenciamento sustentável;
- estabelecer critérios para pontos de apoio ao sistema de limpeza nos diversos setores da área de planejamento (apoio à guarnição, centros de coleta voluntária, mensagens educativas para a área de planejamento em geral e para a população específica, ou seja, população vizinha a esses pontos de apoio);
- estabelecer critérios de escolha da área para localização do bota-fora de resíduos inertes (excedente de terra dos serviços de terraplanagem, entulhos, etc.) gerados, tanto da fase de instalação (implantação de infra-estrutura), como de operação (construção de imóveis, etc);
- estipular critérios de escolha de áreas para disposição final (aterro sanitário) na área de planejamento ou usando aterro já existente na região. No último caso, calcular qual o percentual do volume diário aterrado que será representado pelo volume de resíduos gerado na área de planejamento (20 anos);
- elaborar planta da situação do destino final dos resíduos sólidos, sobre mapa básico em escala adequada e indicar o itinerário entre o setor da área de planejamento escolhido e o destino final;
- prever eventos de emergência e contingência.

Deste modo, frente a uma série de pré-requisitos exigidos para a implantação dos Planos Municipais de Saneamento Básico, torna-se imprescindível que sejam avaliadas ferramentas, as quais possibilitem planejar e/ou gerenciar as futuras ações referentes à prestação dos serviços de saneamento; como no caso, a elaboração de cenários múltiplos.

3.2.2.1 Cenários

A curiosidade humana em desvendar o futuro é tão antiga quanto a sua própria existência. Brandi (2003) afirmou que o exercício de tentar conhecer o futuro é “uma necessidade biológica, ligada ao instinto de sobrevivência”. Ele ainda descreveu distintas formas de percepção do futuro e analisou a antiguidade – 4000 A.C. – até os dias atuais, os episódios em que o homem criou mecanismos para antever o futuro. Um bom exemplo de utilização de cenários futuros como técnica de planejamento é o estudo denominado “*Essay on the Principle of Population*” feito por Tomas Roberth Malthus (século XVIII) que, por meio de extrapolações, “previu” cenários tendenciais de crescimento populacional. A Tabela 3.1 apresenta um histórico de estudos de cenários.

Tabela 3.1 - Histórico de exemplos de estudos de cenários

Autor	Estudo	Ano	Metodologia
Thomas Robert Malthus	“ <i>Essay on the Principle of Population</i> ”	1798	Extrapolativa
Henry George	“Progress and Poverty”	1879	Extrapolativa
Ester Boserup	“ <i>The conditions of Agricultural Growth</i> ”	1965	Extrapolativa
O Clube de Roma	“ <i>Limits the Growth</i> ”	1972	Prospectiva
OECD	“Interfutures”	1979	Prospectiva
Berendt <i>et al.</i>	“Global 2000 report to the President”	1980	Extrapolativa
Comissão Brundtland	“Our Common Future”	1987	-----*
Meadows <i>et al.</i>	“Beyond the Limits”	1992	Prospectiva
WRR	“Ground for Choices”	1992	Prospectiva
FAO	“Agriculture Towards 2010”	1995	Prospectiva
UNEP	“Global Environmental Outlook”	1999	Prospectiva
IPCC	“Special Report on Emission Scenarios (SRES) ”	2000	Prospectiva
WSG	“The Great Transition ”	2001	Prospectiva
MA	“Millenium Ecosystem Assesment”	2005	Prospectiva
<i>The Millennium Project</i>	“State of the Future”	2006	Prospectiva
CIA	“O relatório da CIA- Como será o mundo em 2020”	2006	Prospectiva
MMA – PNRH	“Água para o Futuro: Cenários para 2020”	2006	Prospectiva

*Informação não disponível

FONTE : Leemans, 2007 (atualizado)

Avançando no tempo, de acordo com Porto *et al.* (2001), a metodologia extrapolativa revelou-se confiável até meados de 1970, período em que a estabilidade política, econômica e tecnológica predominava. No entanto, com a crise do petróleo, essa estabilidade cedeu lugar a mudanças aceleradas na ciência e política, de forma a alterar a dinâmica do desenvolvimento, bem como colocar à prova os planejamentos

fundamentados em cenários extrapolativos. Sob essas circunstâncias, emergiu uma nova metodologia de construção de cenários denominada de prospectiva, que se caracteriza por possibilitar a simulação de não apenas uma situação, como nos cenários extrapolativos; mas múltiplos cenários, pois parte do princípio da incerteza do futuro (NEVES, 2007).

O estudo denominado *Millenium Ecosystem Assesment* (MA), um programa de trabalho internacional sobre os impactos que as mudanças nos ecossistemas causam ao bem-estar humano e as opções de respostas a essas mudanças. Foi desenvolvido com o intuito de atender às necessidades de informações científicas dos tomadores de decisões. Neste trabalho, desenvolveram-se quatro cenários globais (Figura 3.18), que exploraram duas linhas de desenvolvimento global: globalizado e regionalizado; e duas abordagens diferentes de gestão dos ecossistemas: uma com ação reativa, e outra em que a gestão dos ecossistemas é proativa com políticas de longo prazo (MA- SCENARIO WORKING GROUP, 2005).

Figura 3.18 - Estrutura dos cenários

Fonte: M.A., 2005

Tal estudo foi considerado a maior avaliação já realizada sobre a saúde dos ecossistemas e preparado por 1360 especialistas de 95 países, com um extenso processo de revisão e consenso de cientistas de todo o mundo, sendo planejada para atender os tomadores de decisão de governos, setor privado e sociedade civil.

Em sua composição, o MA foi formado por 3 grupos - Condições, Cenários e Respostas - dos quais para cada grupo foram dadas questões chave. Assim, para o grupo "Cenários", a questão chave que direcionou o desenvolvimento dos cenários do Milênio foi:

"Quais serão as consequências plausíveis das mudanças nas trajetórias de desenvolvimento para os ecossistemas, seus serviços e para o bem-estar humano?"

A partir desta pergunta-chave, outras quatro questões mais específicas foram consideradas :

- Quais são as consequências para os serviços dos ecossistemas e para o bem-estar humano de estratégias que enfatizam reformas econômico-políticas (redução dos subsídios e internalização das externalidades) como principal medida de planejamento?
- Quais são as implicações para os serviços dos ecossistemas e para o bem-estar humano de estratégias que enfatizam a segurança, a proteção local e regional?
- Quais são as consequências para os serviços dos ecossistemas e para o bem-estar humano de estratégias que enfatizam o desenvolvimento e o uso de tecnologias permitindo maior eco-eficiência e controle adaptativo?
- Quais são as implicações para os serviços dos ecossistemas e para o bem-estar humano de estratégias que enfatizam o manejo adaptativo e a aprendizagem local sobre as consequências das intervenções nos serviços dos ecossistemas?

Com base nessas questões chaves, foram desenvolvidos quatro cenários que exploram aspectos de futuros globais plausíveis e suas implicações para os serviços dos ecossistemas. Os cenários são: *Global Orchestration* (GO), *Order From Strength* (OS), *Adapting Mosaic* (AM) e *TechnoGarden* (TG); sendo dois deles com políticas pró-ativas de manejo dos ecossistemas (AM e TG) e dois com políticas reativas (GO e OS). Tais cenários são descritos mais detalhadamente no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 - Comparação dos Benefícios Potenciais e dos Riscos entre os Cenários Globais.

Tipo	Cenário	Benefícios Potenciais	Riscos Potenciais
Reativo	<i>Global Orchestration</i>	Prosperidade econômica e redução da desigualdade, devido a melhor eficiência do mercado global; Riqueza aumenta a demanda por um ambiente melhor; Aumento da coordenação global (mercado, transporte e saúde).	Os serviços ecológicos locais e regionais podem ser insuficientes para sustentar o progresso do ambiente; Desarranjo de serviços ecológicos criam iniquidades; Gerenciamento reativo pode ser mais oneroso que o gerenciamento preventivo ou proativo.
	<i>Order from Strength</i>	Aumento do protecionismo local para as nações; Aumento da paz mundial, se o regime se voltar a uma política regional; Menor expansão de pragas, erva daninha e comércio controlado; Nos países ricos, os ecossistemas podem ser protegidos, enquanto os impactos recaem sobre outras regiões ou países; Planejamento sob as limitações locais, apropriadas ao comércio e práticas de gerenciamento de solo; Comércio não é dirigido à abertura e políticas liberais globais; Proteção de indústrias locais na competição por mercado.	Alta iniquidade, tensão social, desnutrição, menor liberdade; Degradação ambiental global, países pobres são forçados a explorar seus recursos naturais e riquezas, face aos impactos de mudança climática, poluição da água e do ar; Menor crescimento econômico para todos os países: os pobres com limitações dos recursos e os ricos, com um reduzido comércio de seus produtos; Desnutrição.
Proativo	<i>Adapting Mosaic</i>	Alta capacidade em relação às mudanças locais; Gerenciamento integrado dos ecossistemas; Forte rede cooperativa nacional e internacional.	Negligência da comunidade global; Menor crescimento econômico em razão do menor comércio e da diversidade de recursos para gerenciamento.
	<i>TechnoGarden</i>	Otimização nas soluções de conflitos entre economia e meio ambiente; Sociedade passa a trabalhar a favor da natureza; Otimização dos serviços ecológicos.	Falta de tecnologia tem efeitos a longo prazo, além de impactos. Pessoas com uma simples visão natural sobre o ambiente.

FONTE: Adaptado CORK, S. *et al*, 2005

A aplicação recorrente desses cenários prospectivos nas questões ambientais e/ou hidrológicas - com destaque para a drenagem urbana - pode ser verificada em publicações do grupo *Millennium Ecosystem*, Alcamo *et al.* (2008), Hoekstra (2004, 2009 e 2011), além de pesquisas específicas na área de drenagem urbana, como Kawatoko (2012), Kawatoko (2014), Zaffani (2012) e Souza (2008).

Sob esse enfoque de cenários múltiplos, Souza (2008) utilizou a metodologia da *Millennium Ecosystem Assessment* (M.A, 2005) na modelagem da macrodrenagem urbana para avaliar cenários de longo prazo, visando incentivos ambientais. Já Kawatoko (2012) desenvolveu estudos abordando as metodologias extrapolativa e prospectiva na área de hidrologia e drenagem urbana, ao simular diferentes situações de uso e ocupação do solo em escala de lote, bem como a adoção de políticas proativas e reativas – estabelecidas na metodologia de cenários múltiplos (M.A, 2005). Tais considerações possibilitaram, por exemplo:

- avaliar o grau de influência da adição de uma medida estrutural de retenção de água pluvial no lote urbano;
- verificar como mudanças de hábitos de consumo podem exercer influência sobre os balanços hídricos;
- propor o cálculo de um Imposto Hidrológico a partir de cenários tendenciais diferentes, os quais envolvem fatores socioeconômicos, políticos, ambientais, etc.

Zaffani (2012) também desenvolveu estudos relacionados às mudanças de uso e ocupação do solo - sob as diretrizes de cenários múltiplos da *Millennium Ecosystem* (M.A, 2005) - para avaliar a poluição difusa sobre a drenagem urbana ecohidrológica em bacias urbanas de São Carlos-SP, o que indicou que a variabilidade qualitativa da drenagem urbana é afetada não só por fatores antrópicos, mas também por critério ecohidrológicos.

Alcamo *et al.* (2008) desenvolveram diversos estudos sobre o consumo em geral, de acordo com as políticas delineadas pelos cenários múltiplos da *Millennium Ecosystem*. Nas projeções, os autores simularam diferentes valores de consumo doméstico de água, além de produtos industrializados, carnes, cereais, etc. para diversos países. Além disso, Hoekstra e Chapagain (2004) estabeleceram as relações entre os consumos e a pegada hídrica, de acordo com os cenários tendenciais, estabelecendo um panorama futuro de uso consumptivo de água.

No contexto dos planos, o Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos da Macrometrópole Paulista também seguiu a linha prospectiva de criação de

múltiplos cenários alternativos, os quais seguiram diferentes tendências: intensificação do crescimento brasileiro, ações de gestão e controle operacional de demandas, gestão de demanda - uso da água para irrigação e gestão de uso da água para a indústria (COBRAPE, 2012).

O referido Plano também fez uso do Produto Interno Bruto (PIB) como indicador, na criação de cenários que consideraram mudanças econômicas, com o intuito de simular diferentes projeções de demandas de uso para abastecimento urbano, industrial e irrigação; de modo a elaborar uma ferramenta de Suporte à Decisão. Na proposta em questão, os valores do PIB foram cruzados com as tendências de demanda, indicando as variações quantitativas de uso para o horizonte de 2035 (COBRAPE, 2012).

Já no Plano de Bacias PCJ 2010-2020, além de um cenário tendencial, foram construídos outros três cenários socioeconômicos alternativos de maneira a expandir o leque de possibilidades futuras e orientar o processo de planejamento dos recursos hídricos. Assim, o estabelecimento de cada cenário alternativo foi resultante da integração/combinção entre crescimento econômico, acelerado e moderado, e de exigências ambientais e sociais mais ou menos intensas (COBRAPE, 2009).

3.2.2.2 Cenários de RSU nos Planos Municipais de Saneamento Básico

Quando se trata das questões de prognósticos e elaboração de cenários futuros como ferramentas de gestão, o que se nota é que há uma grande dificuldade em se padronizar metodologias, bem como alimentar um banco de dados, que permita extrair informações pertinentes.

Esses entraves podem ser visualizados claramente através do balanço de Planos Municipais de Saneamento Básico entregues até o exercício financeiro de 2014, os quais não ultrapassaram o patamar de 30% dos municípios. Ao passo que, por exemplo, Mairiporã-SP e Taquari-SP não trataram das questões referentes aos resíduos sólidos em seus respectivos PMSB. Já outros, como Catanduvas-SC, Tatuí-SP e Manoel Viana-RS não abordaram em seu conteúdo, os prognósticos.

No entanto, quando os Prognósticos de Resíduos Sólidos foram trabalhados, nota-se que em muitos casos, esses estudos se limitaram à proposição de objetivos, metas e custos para as intervenções, sem projeções futuras - como em Ibiaçá-RS,

Jacareí-SP, Salto de Pirapora-SP; ou ainda, apenas numa simples abordagem de projeção populacional, assim como Guarujá-SP.

De forma mais padronizada ao conteúdo mínimo da Lei nº 11.445/2007, alguns Planos Municipais de Saneamento Básico – a exemplo de Campinas e Ribeirão Preto - simularam cenários de variação na geração de resíduos sólidos ao longo da vigência do PMSB (20 anos), baseados no crescimento populacional e geração per capita de resíduos sólidos.

3.2.2.2.1 Cenários no PMSB de Campinas

Sucintamente, a projeção de resíduos sólidos urbanos do PMSB de Campinas, instituído pelo Decreto 18.199/2013, fundamentou-se no crescimento populacional a uma taxa de 1,09% ao ano (IBGE, 2010) e de RSU a uma taxa de 1,85%, com base na geração atual de 1,19kg/hab.d. Paralelamente, os RSS seguiram uma taxa de coleta per capita de 0,0054 kg/ hab.d e os RCC de 2,72 kg/hab.d (DLU-PMC, 2012).

Para fins de comparação com a metodologia a ser proposta, ao final de 2033, a projeção da SVDS (2013) indica que a geração de RSU será de 1807,9 t/d; ou seja, um aumento de 39% em relação a 2013 (aproximadamente 1300 t/d), mantendo-se a mesma composição gravimétrica: 30% de recicláveis, 45% de fração orgânica e 25% de rejeitos (Quadro 3.3).

Ao final do prognóstico, foram apresentados cenários relativos à quantificação de resíduos sólidos urbanos (RSU), caso haja:

- o atendimento à PNRS - 100% da coleta regular e tratamento para áreas urbanas e rurais até 2014;
- a universalização da coleta regular, tratamento e disposição final ambientalmente adequada para áreas urbanas e rurais até 2033;
- a manutenção dos serviços atuais - 100% de coleta na área urbana e 50% na área rural, com 2,09% de reciclagem e sem tratamento para fração orgânica.

No entanto, pode-se notar que as análises são bastante superficiais, projetando somente uma linha de tendência – a geração per capita de RSU – e simulando apenas o valor máximo das variáveis como meta - ou seja, alcançar 100% - o que nem sempre é factível, uma vez que nem toda fração orgânica é passível de compostagem, por exemplo.

De uma maneira geral, não foram consideradas mudanças relativas à economia, aos hábitos de consumo, à composição gravimétrica dos RSU, às práticas sustentáveis, ao gerenciamento integrado, etc.

Quadro 3.3 - Prognóstico de RSU do PMSB de Campinas

	ANO	POPULAÇÃO (hab.)	RSU per capita (kg/hab/dia)	RSU – TOTAL (Ton./dia)	RSU – FR ¹ (Ton./dia)	RSU – FC ¹ (Ton./dia)	RSU – FNR ³ (Ton./dia)
CENÁRIOS	2010	1.080.113		-	-	-	-
	2011	1.091.859		-	-	-	-
	2012	1.103.732	1,115	1.231,0	369,3	554,0	307,8
	2013	1.115.735	1,124	1.253,7	376,1	564,2	313,4
	2014	1.127.868	1,132	1.276,9	383,1	574,6	319,2
Imediatos ou Emergenciais	2015	1.140.133	1,141	1.300,5	390,1	585,2	325,1
	2016	1.152.531	1,149	1.324,5	397,3	596,0	331,1
	2017	1.165.064	1,158	1.349,0	404,7	607,0	337,2
	2018	1.177.734	1,167	1.373,9	412,2	618,2	343,5
Curto Prazo	2019	1.190.541	1,175	1.399,3	419,8	629,7	349,8
	2020	1.203.488	1,184	1.425,1	427,5	641,3	356,3
	2021	1.216.575	1,193	1.451,4	435,4	653,1	362,9
	2022	1.229.805	1,202	1.478,2	443,5	665,2	369,6
Médio Prazo	2023	1.243.178	1,211	1.505,5	451,7	677,5	376,4
	2024	1.256.697	1,220	1.533,3	460,0	690,0	383,3
	2025	1.270.363	1,229	1.561,7	468,5	702,7	390,4
	2026	1.284.178	1,239	1.590,5	477,1	715,7	397,6
Longo Prazo	2027	1.298.142	1,248	1.619,9	486,0	728,9	405,0
	2028	1.312.259	1,257	1.649,8	494,9	742,4	412,4
	2029	1.326.529	1,267	1.680,3	504,1	756,1	420,1
	2030	1.340.955	1,276	1.711,3	513,4	770,1	427,8
	2031	1.355.537	1,286	1.742,9	522,9	784,3	435,7
	2032	1.370.278	1,295	1.775,1	532,5	798,8	443,8
	2033	1.385.179	1,305	1.807,9	542,4	813,5	452,0

FR = Fração Reciclável; FC = Fração Compostável; FNR = Fração Não Reciclável

Fonte: SVDS, 2013

3.2.3 Indicadores Ambientais

De acordo com MacDonald (1996), indicadores são necessários para organizar dados. A princípio, eles podem ser empregados para planejar mudanças no futuro nos sistemas de gestão de resíduos sólidos e nas questões ambientais, além de ajudar na compreensão das condições locais, regionais e globais. Ademais, os indicadores podem ser usados para comparar sistemas, tanto para uma mesma área em diferentes períodos de tempo, quanto para áreas diferentes. Para este uso, há a possibilidade de medir o progresso, através de comparações entre a qualidade de vida.

Garn (1976) acrescentou ainda que os indicadores podem ser usados como ferramentas para reduzir o nível de incerteza sobre a decisão. Devendo-se sempre lembrar que os valores dos critérios são sempre inerentes ao desenvolvimento do indicador e a seleção de seus componentes depende do foco do estudo (OECD, 1978).

No que tange as constantes alterações do planejamento urbano, uma adequada gestão necessita de monitoramento constante para garantir o controle das intervenções realizadas sobre o meio. Assim, a busca por ferramentas que traduzam o comportamento do ambiente urbano é um fator essencial para o planejamento e execução de ações, monitoramento das condições urbanas e sociais, assim como avaliação de programas e projetos (SÃO PAULO, 2012). De maneira genérica, os indicadores representam uma forma de avaliar a quantidade e qualidade dos serviços de saneamento prestados à população.

De acordo com MacDonald (1996), os indicadores mais utilizados são os custos por tonelada (t) ou metro cúbico (m³) de resíduos sólidos coletados; ou mesmo a composição desses resíduos.

Ristic (2005) complementa que, sob uma perspectiva política, há duas grandes linhas de orientações que podem ser identificadas como prioritárias entre os indicadores de manejo de resíduos sólidos: a minimização dos impactos ambientais advindos de sua geração, além de sua redução na fonte e da apropriação de recursos naturais. Além disso, indicadores básicos de gestão integrada de resíduos sólidos, aplicados na Europa são: geração e tratamento de lixiviados, disposição final de resíduos sólidos urbanos biodegradáveis, total de geração nas residências e atividades comerciais.

Outros indicadores sustentáveis sugeridos por Zabaleta (2008) em um caso de estudo em Estocolmo, os quais podem ser adaptados para o manejo de resíduos são: pobreza, governança, saúde, educação, demografia, perigos naturais, atmosfera, solo, oceano, mares e costas, desenvolvimento da economia, biodiversidade, parcerias econômicas globais, consumo e produção. Outrossim, o autor afirmou que seria interessante usar indicadores mais específicos, desenvolvidos por outros passos ou processos dos Programas de Gestão de Resíduos Sólidos, como: decisões locacionais, rotas de transporte, métodos de coleta, etc.

Em outro estudo de caso, Armijo *et al.* (2011) listou uma série de variáveis para o Programa de Gestão de Resíduos Sólidos do México baseado no modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta, em termos de porcentagem, como: pessoas que não estão satisfeitas com o sistema de manejo; cobertura do serviço de coleta; casas que segregam

os resíduos; população mais apta a participar da coleta seletiva; comentários a favor da reciclagem, reutilização, recuperação; total de toneladas recuperadas em relação ao total gerado; pessoas que conhecem o Programa.

Em Taiwan, Huang *et al.* (2011) desenvolveram um indicador agregado para estimar a eficiência da coleta dos resíduos sólidos municipais baseado em múltiplos fatores, uma vez que representa a taxa local mais alta cobrada pelos gestores públicos. Os autores aplicaram seus indicadores em 307 governos locais e concluíram que o modelo poderia ser complementado por outros indexadores, além de ser adaptado para outros países, conforme as condições locais.

Rogge & Jaegger (2012) aplicaram um modelo similar, baseado na metodologia “*Data Envelopment Analysis* (DEA)” para avaliar o sistema de coleta municipal em 293 municípios da Bélgica. Os autores concluíram que o cálculo do impacto sobre a eficiência nos custos, tanto para as variáveis controláveis – decisões terceirizadas e características da prestação dos serviços – quanto para aquelas não controláveis – renda média da população, demografia, tipologia da população ou densidade – dependia de mais pesquisas na área.

Já no Brasil, o Plano de Bacias PCJ 2010-2020 tratou das questões de indicadores ambientais como ferramentas de acompanhamento das ações e avanços do Plano de Bacias, a partir de uma abordagem em três linhas de atuação. A primeira diz respeito ao acompanhamento das metas de reenquadramento dos corpos hídricos, já a segunda centra nos indicadores utilizados para o acompanhamento do Plano de Bacias e atualizados nos Relatórios de Situação e a terceira trata de indicadores diretamente relacionados à proteção e recuperação ambiental, especialmente associados à preservação e conservação de recursos florestais, áreas verdes e da biodiversidade das Bacias PCJ (COBRAPE, 2009).

Não obstante, a elaboração de Indicadores por UGRHI como ferramentas de gestão para o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) de São Paulo foi fundamental para permitir a análise da situação e da gestão dos recursos hídricos no Estado de São Paulo, através de quatro grandes temas: demografia, saneamento, demanda, disponibilidade e qualidade das águas. Todos os indicadores foram analisados de forma integrada, possibilitando identificar a evolução do estado dos recursos hídricos e das condicionantes que interferem na qualidade e na disponibilidade das águas no território paulista (SSRH/CRHi, 2013).

Quanto aos Planos Municipais de Saneamento Básico, a Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, estabeleceu em seu Art. 19 que os diagnósticos da situação dos serviços públicos de saneamento básico deverão utilizar sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos, como forma de avaliar a evolução da eficiência das ações programadas pelos planos.

Nesse contexto, destaca-se o Manual Básico do ISA (SÃO PAULO, 1999), o qual apresentou o Indicador de Salubridade Ambiental como uma média ponderada de subindicadores específicos e relacionados - direta ou indiretamente com a salubridade ambiental - através da seguinte fórmula Equação 3.1:

$$\text{ISA} = 0,25\text{I}_{\text{AB}} + 0,25\text{I}_{\text{ES}} + 0,25\text{I}_{\text{RS}} + 0,10\text{I}_{\text{CV}} + 0,10\text{I}_{\text{RH}} + 0,05\text{I}_{\text{SE}} \quad \text{Equação 3.1}$$

Em que,

I_{AB} - Indicador de Abastecimento de Água;

I_{ES} - Indicador de Esgotos Sanitários;

I_{RS} - Indicador de Resíduos Sólidos;

I_{CV} - Indicador de Controle de Vetores;

I_{RH} - Indicador de Riscos de Recursos Hídricos;

I_{SE} - Indicador Sócio-Econômico.

De forma que a Tabela 3.2 detalha os componentes, subindicadores e a finalidade da utilização de cada um dos indicadores que compõem o ISA.

Tabela 3.2 - Componentes, Subindicadores e Finalidade do ISA

Componentes	Subindicadores	Finalidade
I_{AB}	Cobertura de Atendimento	Quantificar os domicílios atendidos por sistema de abastecimento de água com controle sanitário
	Qualidade da Água Distribuída	Monitorar a qualidade da água fornecida
	Saturação do Sistema Produtor (quantidade)	Comparar a oferta e a demanda de água; programar ampliações ou novos sistemas produtores e programas de controle e redução de perdas
I_{ES}	Cobertura em coleta de esgoto e tanques sépticos	Quantificar os domicílios atendidos por redes de esgoto e/ou tanques sépticos
	Esgoto tratado e tanques sépticos	Indicar a redução da carga poluidora
	Saturação do tratamento	Comparar a oferta e demanda das instalações existentes e programar novas instalações ou ampliações
I_{RS}	Coleta de Lixo	Quantificar os domicílios atendidos por coleta de lixo
	Tratamento e Disposição Final	Quantificar a situação da disposição final dos resíduos
	Saturação e Disposição Final	Indicar a necessidade de novas instalações
I_{CV}	Dengue e Esquistossomose	Identificar a necessidade de programas corretivos e preventivos de redução e eliminação de vetores, transmissores e/ou hospedeiros de doenças
	Leptospirose	Indicar a necessidade de programas preventivos de redução e eliminação de ratos
I_{RH}	Água Bruta	Qualificar a situação da água bruta ou risco geográfico
	Disponibilidade de Mananciais	Quantificar a disponibilidade dos mananciais em relação à demanda
	Fontes Isoladas	Abrange o controle das águas utilizadas pelas populações em áreas urbanas não atendidas pelos serviços oficiais de abastecimento de água
I_{SE}	Indicador de Saúde Pública	Indicar a possibilidade dos serviços de saneamento inadequados, que podem ser avaliados através de: - mortalidade infantil e em idosos ligadas a doenças de veiculação hídrica; - mortalidade infantil e de idosos ligadas a doenças respiratórias.
	Indicador de Renda	Indicar a capacidade de pagamento da população pelos serviços e a capacidade de investimento pelo município, que podem ser avaliados através de: - distribuição de renda abaixo de 03 salários mínimos; - renda média
	Indicador de Educação	Indicar a linguagem de comunicação a ser utilizada nas campanhas de educação sanitária e ambiental através de: - Índice de nenhuma escolaridade; - índice de escolaridade até 1º grau

FONTE: SÃO PAULO, 1999

Mais especificamente o I_{RS} pode ser calculado através da média aritmética do subindicador de coleta, tratamento, disposição final e saturação da destinação final de resíduos sólidos, como na Equação 3.2:

$$I_{RS} = I_{CR} + I_{QR} + I_{SR} \quad \text{Equação 3.2}$$

Onde,

I_{CR} = Subindicador de Coleta de Resíduos Sólidos;

I_{QR} = Subindicador de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos;

I_{SR} = Subindicador de Saturação do Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos.

Dando sequência, os citados subindicadores podem ser pontuados segundo os critérios explanados na Tabela 3.3, Tabela 3.4 e Tabela 3.5, lembrando que o I_{CR} parte dos dados de domicílios urbanos cobertos pelo serviço de coleta regular e o I_{QR} segue a classificação desenvolvida anualmente pela CETESB:

Tabela 3.3 - Pontuação do I_{CR}

Faixas de População Urbana (Censo/1996)	$I_{..}$	
	mínimo	máximo
até 20 mil hab.	$I_{..} < 80\% - I_{..} = 0$	$I_{..} < 90\% - I_{..} = 100$
de 20 a 100 mil hab.	$I_{..} < 90\% - I_{..} = 0$	$I_{..} < 95\% - I_{..} = 100$
> 100 mil hab.	$I_{..} < 95\% - I_{..} = 0$	$I_{..} < 99\% - I_{..} = 100$

FONTE: PIZA, 2000

Tabela 3.4 - Pontuação do I_{QR}

$I_{..}$	Enquadramento	Pontuação
$0 \leq I_{..} \leq 6,0$	Condições inadequadas	0
$6,0 < I_{..} \leq 8,0$	Condições controladas	Interpolar
$8,0 < I_{..} \leq 10,0$	Condições adequadas	100

FONTE: PIZA, 2000

Para o Indicador de Saturação do Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos (I_{SR}) aplica-se a Equação 3.3:

$$n = \log[(CA \times t)/VL] + 1 / \log (1 + t)$$

Equação 3.3

onde,

n = número de anos em que o sistema será saturado;

CA = capacidade restante do aterro;

VL = volume coletado de resíduos sólidos;

t = taxa de crescimento populacional urbana média para os cinco anos subsequentes ao ano de elaboração do ISA.

Tabela 3.5 - Pontuação do I_{SR}

Faixas de População Urbana (Censo/1996)	n	I_{sr}
até 50 mil hab.	$n \geq 2$ $2 > n > 0$ $n \leq 0$	100 interpolar 0
De 50 a 200 mil hab.	$n \geq 3$ $3 > n > 0$ $n \leq 0$	100 interpolar 0
Maior que 200 mil hab.	$n \geq 5$ $5 > n > 0$ $n \leq 0$	100 interpolar 0

FONTE: PIZA, 2000

No intuito de subsidiar posteriores discussões, bem como aprimorar a criação de indicadores que atendam as exigências das Leis Federais nº 12.305/2010 e 11.445/2007, a seguir serão apresentados alguns dos indicadores específicos para os resíduos sólidos recorrentemente aplicados no Brasil.

3.2.3.1 Índice de Gestão de Resíduos (IGR)

O Índice de Gestão de Resíduos (IGR), desenvolvido pela Secretaria do Estado de Meio Ambiente de São Paulo, é um índice composto por indicadores de resíduos sólidos, que quantifica instrumentos para a Política de Resíduos Sólidos; Programas, Coleta e Triagem; Tratamento e Disposição Final, cujo objetivo é avaliar a gestão dos resíduos nos municípios paulistas, por meio da aplicação de formulários, que reúnem seus aspectos mais relevantes, como:

- Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - existência de leis específicas, Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, metas de melhoria, orçamento

específico, Consórcios Intermunicipais, Órgãos Colegiados Municipais, Programa de Educação Ambiental, Abrangência de Coleta de Resíduos Domiciliares, Cadastro de Grandes Geradores, Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Grandes Geradores, iniciativas para a gestão compartilhada, reaproveitamento de resíduos de poda e capina, recuperação energética;

- Resíduos de Construção Civil - Planos Municipais de Gestão de Resíduos da Construção Civil, Programa de Educação Ambiental, Pontos de Entrega Voluntária, Áreas de Transbordo, tipo de destinação;
- Resíduos de Serviço de Saúde - medidas de apoio à gestão, formas de tratamento, local de tratamento, formas de disposição final;
- Coleta Seletiva - Abrangência, Organização de Catadores, Centrais de Triagem, Assessoria Técnica e Financeira, Viabilização Comercial, Mercado de Reciclados.

Para tornar mais clara a metodologia de avaliação, os indicadores selecionados foram subdivididos em quatro áreas temáticas: instrumentos para a política de resíduos sólidos, programas ou ações municipais, coleta e triagem, tratamento e disposição. Para cada um dos indicadores foram atribuídos pontos, cuja somatória - de 0 a 10 - resultou no valor de um índice, denominado Índice de Qualidade de Gestão de Resíduos Sólidos (IQG), para cada município paulista. Assim, o Índice de Gestão de Resíduos Sólidos (IGR) foi calculado ponderando-se o valor do IQG, IQR e IQC, nas seguintes proporções (Equação 3.4):

$$\text{IGR} = (0,6 \times \text{IQG}) + (0,35 \times \text{IQR}) + (0,05 \times \text{IQC}) \quad \text{Equação 3.4}$$

Onde:

- IQG é o Índice de Qualidade de Gestão de Resíduos Sólidos.
- IQR é o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos, divulgado anualmente no Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB.
- IQC é o Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem, divulgado anualmente no Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB.

De acordo com essa metodologia de avaliação de gestão de resíduos sólidos, Campinas apresentou um IGR 2012 de 7,3 (categoria mediana) - referente ao ano de 2011- valor próximo a alguns municípios das bacias PCJ, como Limeira (7,5), Jaguariúna (7,5); porém abaixo de Americana (8,5), Paulínia (8,2) e Piracicaba (8,6), considerados como eficientes (Figura 3.19).

Figura 3.19 - IGR 2012 do Estado de São Paulo

FONTE: CPLA, 2012

3.2.3.2 IQR Nova Proposta

À medida que as ferramentas de análise vão sendo tornando obsoletas, torna-se fundamental que adequações sejam incorporadas, nesse sentido no Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares 2011 da CETESB (2012) foi divulgada a composição do IQR Nova Proposta que passou a ser incorporado no Inventário do ano seguinte.

A nova metodologia foi desenvolvida no âmbito do “Projeto Lixo Mínimo”, a qual agregou novos critérios de pontuação e classificação dos locais de destinação, incorporando o conhecimento e a experiência adquiridos ao longo do tempo pela CETESB. Em função dos índices apurados, as instalações são então, enquadradas como

inadequadas ou adequadas, e não mais em três intervalos (adequado, controlado e inadequado), conforme o IQR convencional.

Desta forma, os valores do “IQR Nova Proposta” de Campinas publicados no “Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2012” (CETESB, 2013) para os anos de 2011 e 2012 se consolidaram em 9,8 – considerado como adequado. Enquanto em 2010, a pontuação era de 8,9 pela metodologia antiga - também da categoria adequada.

Ressalta-se que tais valores foram explicitados apenas com o intuito de evidenciar a relatividade no cômputo das pontuações, de acordo com a composição de indicadores propostos na metodologia; ou seja, sem fins de comparação entre as pontuações de metodologias diferentes. Tal constatação leva a considerar que a efetividade dos indicadores escolhidos depende do grau de representatividade e importância que estes detêm sobre a gestão integrada de resíduos sólidos do município.

Outro fator que merece ser destacado nesse contexto, é que a partir da publicação de 2012, o “Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares” passou a ser intitulado de “Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos”, de acordo com a classificação proposta pelo Art. 13 da PNRS – Lei nº 12.305/2010.

3.2.3.3 Índice de Desempenho Ambiental (IDA)

O Índice de Desempenho Ambiental, sancionado e regulamentado pela Lei Municipal de Campinas nº 12.585/2006, foi avaliado segundo os seguintes critérios:

- Grupo A – Qualidade da Água e do Ar;
- Grupo B – Resíduos Sólidos Urbanos; e
- Grupo C – Preservação de Áreas Verdes.

Sinteticamente, a média aritmética das pontuações computadas para cada componente dos Grupos A, B e C, resulta em um valor final de 0 a 10, o qual reflete o desempenho ambiental do município.

Deste modo, Souza *et al.* (2009) aplicaram a metodologia proposta para o município de Campinas em 2008, em que o Indicador de Desempenho Ambiental resultou em 5,47, dos quais pontuaram – Grupo A (7,5); Grupo B (5,8) e Grupo C (3,12). Os mesmos autores replicaram a metodologia para toda Região Metropolitana de Campinas (RMC), a qual apresentou valores semelhantes, onde se destaca os extremos: Pedreira com 3,67 e Jaguariúna com 6,87.

Especificamente, o Grupo B - Resíduos Sólidos Urbanos é constituído das seguintes componentes, com critérios de avaliação e notas estabelecidos pela Lei Municipal nº 12.585/2006:

- índice de reciclagem de resíduos domiciliares (RSD);
- compostagem de resíduos sólidos urbanos (RSU);
- coleta de RSU;
- reciclagem de resíduos de construção civil (RCC);
- tratamento de resíduos industriais (RI);
- tratamento de resíduos de serviço de saúde (RSS);
- destinação final de RSU.

Quanto aos quesitos avaliados para o Grupo B – RSU em 2008, a nota de 5,8 se situou como a mais alta da RMC, seguida de Americana (5,41), Jaguariúna (5,0) e Indaiatuba (5,0).

Devido ao fato da Lei Municipal nº 12.585/2006 não ter definido responsáveis pelo cálculo anual do Índice de Desempenho Ambiental de Campinas, não há um panorama temporal da situação, apenas algumas iniciativas isoladas e não oficiais de aplicação da metodologia. Por outro lado, a partir da estruturação da Secretaria do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Campinas (SVDS) pela Lei Municipal Complementar nº 59/2013, entrou como prioridade para o planejamento de 2014, realizar o cálculo referente ao ano de 2013 e assim, manter sua periodicidade.

3.2.3.4 Indicador de Resíduos Sólidos nos Planos Municipais de Saneamento Básico

Ao se levantar um panorama geral da situação dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) no Brasil, quando se trata da elaboração de Indicadores de Desempenho para sua Avaliação Sistemática, nota-se que ainda há bastante dificuldade - por parte dos gestores públicos e responsáveis pela elaboração dos planos - no sentido de estabelecer ferramentas de avaliação eficientes e levantar informações, como no caso de Ibiacá/RS, Manoel Viana/RS, Guarujá/SP e Londrina/PR.

Outros municípios apresentaram apenas modelos de PMSB parciais, em que constaram apenas a água de abastecimento e o esgoto sanitário - como Mairiporã/SP e Cuiabá/MT - ou água de abastecimento, esgoto sanitário e drenagem urbana, caso de Taquari/RS.

Em geral, um senso comum que se tornou claro na redação dos planos é que a lacuna existente nos processos de avaliação deve ser preenchida, através da elaboração desses Indicadores de Desempenho, a fim de que se obtenha um comparativo da evolução da prestação dos serviços de saneamento. Nesse sentido, alguns municípios buscaram atender a este requisito exigido pela Lei 11.445/2007 e empregaram diferentes metodologias para o seu desenvolvimento.

Ao se tratar dos Indicadores de Resíduos Sólidos, o município de São José dos Campos-SP pontuou os seguintes itens na formulação do seu indicador, com respectivas metas:

- abrangência, regularidade, frequência e número de reclamações sobre a coleta domiciliar;
- eficiência e número de reclamações sobre a coleta seletiva;
- eficiência e número de reclamações sobre a varrição;
- número de reclamações referentes à poda;
- número de vistorias técnicas referentes à supressão de árvores;
- número de capinas/roçadas realizadas frente à meta estabelecida;
- projeto Cidade Limpa.

O município de Catanduvas-SC, por exemplo, apesar de ter considerado ambas áreas, como determina a Lei - urbana e rural - pontuou apenas o índice de atendimento de coleta regular de resíduos domiciliares e o índice de incremento e eficiência da coleta seletiva.

Em Ribeirão Preto-SP, adotou-se uma metodologia desenvolvida por Milanez (2002) e aplicada por Polaz (2008) em São Carlos-SP, a qual estabeleceu doze (12) indicadores de sustentabilidade para os resíduos sólidos, após extensa pesquisa na bibliografia nacional e internacional:

- assiduidade dos trabalhadores do serviço de limpeza pública;
- existência de situações de risco à saúde em atividades vinculadas à gestão;
- postos de trabalho associados à cadeia de resíduos apoiados pelo poder público;
- canais de participação popular no processo decisório da gestão dos RSU;
- realização de parcerias com outras administrações públicas ou com agentes da sociedade civil;
- acesso da população às informações relativas à gestão dos RSU;

- população atendida pela coleta domiciliar de resíduos sólidos;
- gastos econômicos com a gestão dos RSU;
- autofinanciamento da gestão dos RSU;
- recuperação de áreas degradadas;
- medidas mitigadoras previstas nos estudos de impacto ambiental/licenciamento ambiental;
- recuperação de material oriundo do fluxo de resíduos realizada pela administração municipal.

De forma que para cada indicador, Milanez (2002) definiu três parâmetros de avaliação relativos a tendência à sustentabilidade: **MD** - Muito Desfavorável; **D** – Desfavorável; e **F** - Favorável.

Já os municípios de Tatuí, Salto de Pirapora e Jacareí - Estado de São Paulo, adotaram uma metodologia que ao invés de utilizar uma média aritmética para o cálculo, estima pesos diferentes para cada item considerado no Indicador, de acordo com sua importância/impacto, entre eles:

- coleta regular, destinação final e saturação do tratamento e disposição final dos resíduos sólidos domiciliares;
- serviço de coleta seletiva e reaproveitamento de recicláveis;
- serviço de varrição de ruas;
- destinação final e reaproveitamento de resíduos sólidos inertes;
- tratamento e disposição final de resíduos de serviço de saúde.

A seguir destaca-se a metodologia empregada para o cálculo do Indicador de Resíduos Sólidos do Plano Municipal de Saneamento Básico de Campinas, aprovado pelo Decreto Municipal nº 18.199/2013; uma vez que sua abordagem é de extrema importância para o presente estudo de caso.

3.2.3.4.1 Indicador de Resíduos Sólidos do PMSB de Campinas

A título de exemplo do Plano Municipal de Saneamento de Campinas-SP (SVDS, 2013), o Indicador de Resíduos Sólidos por Bacias Hidrográficas (Irsb) foi obtido pela média ponderada de alguns parâmetros – apresentados a seguir (Equação 3.5) – e posterior, ponderação relativa à população de cada bacia, a fim de se calcular o **Indicador de Resíduos Sólidos (Irs)**.

$$\mathbf{Irs} = \frac{\Sigma(Irsb \times Pb)}{Pt}$$

Equação 3.5

Onde,

Irsb = Indicador de resíduos sólidos por bacia hidrográfica;

Pb = população por bacia hidrográfica;

Pt = população total de Campinas.

Sucintamente, todos indicadores foram baseados na porcentagem de cobertura de coleta/prestação de serviço ou recuperação dos resíduos sólidos; com exceção da cobertura de LEVs - que se estabeleceu sobre o total de população atendida por unidade instalada - e do gerenciamento de RCC que foi delimitado por uma tabela de pontuação para a destinação final de RCC. Deste modo, o Irsb 2013 pôde ser calculado através da Equação 3.6:

- **Icru** - Indicador de Cobertura de Coleta Regular Urbana (%) - p = 20;
- **Icrr** - Indicador de Cobertura de Coleta Regular Rural (%) - p = 20;
- **Ivm** - Indicador do Serviço de Varrição das Vias (%) - p = 10;
- **Ics** - Indicador de Cobertura de Coleta Seletiva (%): - p = 20;
- **Irr** - Indicador de Recuperação de Recicláveis (%) - p = 10;
- **Ilev** - Indicador de Cobertura dos LEVs - p = 10;
- **Ircc** - Indicador de Gerenciamento dos RCC - p = 10.

$$\mathbf{Irsb} = [(20 \times \mathbf{Icru}) + (20 \times \mathbf{Icrr}) + (10 \times \mathbf{Ivm}) + (20 \times \mathbf{Ics}) + (10 \times \mathbf{Irr}) + (10 \times \mathbf{Ilev}) + (10 \times \mathbf{Ircc})]$$

Equação 3.6

Nesse ínterim, o cálculo do Indicador de Resíduos Sólidos (Irs) de Campinas, tomando como ano base 2013, resultou em 59,3 – o qual se enquadra na classificação de Batista e Silva (2006) como regular.

3.2.3.5 Indicador de Sustentabilidade PEIR

Apesar de haver uma grande demanda de informações estatísticas acerca do meio ambiente e um significativo avanço tecnológico, os tomadores de decisão tem-se aproximado de um paradoxo - no qual se gera bastante informação; no entanto, há ausência de quaisquer formas de organização. Diaz-Moreno (1999) afirma que a

constituição de um sistema de indicadores ambientais apresenta um caráter de duplicidade, ou seja, de melhorar as informações e simplificá-las, para que possam ser utilizadas por cientistas, instituições públicas e pela população em geral.

Em busca de um mecanismo eficiente para tornar operacional um sistema de indicadores ambientais, muitos esforços têm sido empreendidos por parte de alguns países e instituições internacionais no sentido de se construir indicadores característicos para o monitoramento e análise das condições ambientais.

Nesse sentido, uma das primeiras experiências de desenvolvimento de indicadores ambientais surgiu da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) que, em 1993, criou uma metodologia que tem como escopo fornecer um primeiro mecanismo de monitoramento do progresso ambiental dos países que fazem parte da instituição.

Esse sistema usou o modelo pressão-estado-resposta (PER), no qual as pressões sobre o ambiente são reduzidas àquelas causadas pela ação do homem, desconsiderando as provenientes da ação da natureza. Com o passar do tempo, houve a necessidade de incorporação de um elemento que avaliasse o impacto gerado pela urbanização sobre o meio, o componente “I” – “Impacto”, passando a ser denominada PEIR, Pressão-Estado-Impacto-Resposta.

Contextualmente, o Indicador de Sustentabilidade PEIR pode ser aplicado para uma série de objetivos e peculiaridades, como no caso dos Resíduos Sólidos Urbanos, exemplificado pelo município de Cuité-PB.

SILVA *et al.* (2012) apresentou o Quadro 3.4 com a situação ambiental diagnosticada em Cuité-PB, no qual das 36 variáveis estudadas, apenas 6 resultaram em respostas favoráveis à GIRS, sendo 3 pertencentes à Dimensão Pressão e as demais pertencentes à Dimensão Resposta, entre elas:

- Volume de Resíduos Sólidos Per capita;
- Volume de Resíduos Sólidos (tonelada por ano);
- Coleta de lixo nos bairros;
- Existência de política pública;
- Estudos sobre impactos ambientais; e
- Ações Regulatórias.

De modo que conclusivamente, tal matriz evidenciou como é precário o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no município.

Quadro 3.4 - Indicador de Sustentabilidade PEIR para Cuité - PB

DIMEN- SÕES	VARIÁVEIS		FAVORÁVEL	DESFAVORÁVEL
PRESSÃO	DIRETA	Volume dos resíduos sólidos per capita		
		Volume dos resíduos sólidos (toneladas por ano)		
		Coleta do lixo diretamente para o lixão		
		Resíduos dos serviços de saúde (RSS) destinados sem tratamento		
	INDIRETA	Coleta de Lixo nos Bairros		
		Crescimento da população da cidade		
		Aumento dos geradores de resíduos		
		Existência de catadores nas ruas		
		Moradias na unidade de disposição dos resíduos		
		Queima de resíduos a céu aberto		
ESTADO		Qualidade do ar (drenagem de gases)		
		Qualidade do ar (aproveitamento dos gases)		
		Qualidade dos corpos hídricos		
		Existência de instalações administrativas		
		Existência de base impermeabilizada		
		Drenagem do chorume		
		Recirculação de chorume		
		Tratamento de chorume na mesma área da unidade		
		Monitoramento ambiental		
		Frequência da cobertura dos resíduos sólidos		
		Existência de Licenciamento ambiental		
		Mapeamento da área degradada		
IMPACTO		Doenças envolvendo as populações no entorno do lixão		
		Infecção e Contaminação Hospitalar		
		Poluição dos recursos hídricos		
		Má utilização do espaço		
		Alagamento das vias públicas.		
		Poluição visual		
RESPOSTA		Existência de associação ou cooperativa		
		Tratamento de resíduos sólidos urbanos		
		Existência de política pública		
		Participação da população da gestão do lixo		
		Estudos sobre impactos ambientais		
		Providência de melhoramento com relação ao destino final do lixo.		
		Parceria com outros municípios		
		Ações regulatórias		

FONTE: SILVA *et al.*, 2012

3.2.4 Programas e Ações para os Resíduos Sólidos Urbanos

De acordo com o Termo de Referência para atendimento da exigência de elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico - Lei nº 11.445/2007, os

programas, projetos e ações necessários para atingir os objetivos e metas devem ser compatíveis com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento e as formas de acompanhamento, avaliação, integração entre si com outros programas e projetos de setores afins.

Além disso, deverão ser apresentadas medidas alternativas para os serviços do setor e modelos de gestão que permitam orientar o processo de planejamento do saneamento básico no sentido de se encontrar soluções que compatibilizem o crescimento econômico, a sustentabilidade, ambiental e a equidade social dos municípios. Quando necessário, deverá ser incluída também a programação de investimentos que contemple ações integradas e ações relativas a cada um dos serviços, com a estimativa de valores, cronograma de aplicações, fontes de recursos, dentro da perspectiva de universalização do atendimento, com nível de detalhes diferenciado para cada etapa.

As alternativas deverão ser discutidas e pactuadas a partir de reuniões, seminários, conferências nas comunidades, levando em consideração critérios definidos previamente. As conclusões obtidas permitirão hierarquizar as medidas para o alcance do cenário de referência de acordo com os anseios da população e análise custo-efetividade ou custo benefício. Em suma, os Programas, Projetos e Ações devem contemplar as seguintes temáticas:

- promoção do direito à cidade;
- promoção da saúde e da qualidade de vida;
- promoção de sustentabilidade ambiental;
- melhoria do gerenciamento e da prestação de serviços.

3.2.4.1 Programas e Ações para Resíduos Sólidos no Plano Municipal de Saneamento Básico de Campinas

Conforme instituído pelo Decreto nº 18.199/2013, o Plano Municipal de Saneamento de Campinas trouxe uma série de ações que devem ser implementadas para garantir o atendimento dos objetivos e metas em um horizonte de 20 anos. Nesse sentido, os Programas foram divididos de acordo com a abrangência de suas ações em:

- Programas Comuns ao Saneamento Básico;
- Programas do Sistema de Abastecimento de Água;

- Programas do Sistema de Esgotamento Sanitário;
- Programas de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos; e
- Programas do Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais.

Mais especificamente, dentro dos Programas Comuns aos quatro eixos do Saneamento Básico foram elencados:

- Programa de Gestão do PMSB de Campinas;
- Programa de Educação Ambiental;
- Programa de Fiscalização e Licenciamento Ambiental;
- Programa dos Planos das Bacias PCJ;
- Programa Município Verde Azul; e
- Programa de Saneamento Rural Sustentável.

De modo que para as questões específicas dos resíduos sólidos, o Programa de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos pode ser subdividido em:

- Otimização da Coleta e do Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos;
- Ampliação e Melhoria do Programa de Coleta Seletiva e Logística Reversa;
- Melhoria da Eficiência na Limpeza de Vias Públicas;
- Gestão de Recursos do Departamento de Limpeza Urbana;
- Gerenciamento dos Resíduos de Construção Civil;
- Cadastramento dos Geradores de Resíduos Sólidos;
- Logística Reversa;
- Valorização dos RSU; e
- Gerenciamento dos Passivos Ambientais.

Sucintamente, cada Programa foi relacionado a uma série de Ações, no entanto não foi detalhado no Plano Municipal de Saneamento Básico de Campinas, como estes serão conduzidos e implantados ao longo de sua vigência.

4. METODOLOGIA

Em síntese, para a criação de ferramentas de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (GIRSU) que contribuam para os Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), a proposição metodológica que se segue foi aplicada ao estudo de caso de Campinas e se divide nos itens macro:

- A Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos no contexto dos Planos Municipais de Saneamento Básico (item 4.1); e
- Caracterização da área de estudo (item 4.2).

De modo que o primeiro item referente à gestão integrada de resíduos sólidos urbanos pode ser subdividido em:

- Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos (item 4.1.1);
- Prognóstico de Resíduos Sólidos Urbanos, Objetivos e Metas (item 4.1.2);
- Índice de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (item 4.1.3); e
- Desafios para a Implantação das Políticas Nacionais de Saneamento Básico e Resíduos Sólidos (4.1.4).

Desta maneira, a fim de se obter um diagnóstico da situação atual da gestão e do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no município de Campinas e a partir desta etapa, formular ferramentas de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos, serão detalhados alguns itens - semelhantes ao modelo proposto na Figura 4.1 pela Rede Nossa Sustentável (2013):

Figura 4.1 - Caminhos para Melhoria da Gestão dos Resíduos Sólidos Municipais

FONTE: Rede Nossa Sustentável, 2013

Nesse sentido, para atender ao objetivo principal de propor Ferramentas de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos que contribuam para os Planos Municipais de Saneamento Básico, foram elencados alguns objetivos específicos, os quais apresentam metodologias e resultados definidos.

Assim, adotou-se o estudo de caso do município de Campinas para a proposição de metodologias para a elaboração de cenários prospectivos, bem como indicadores. A partir da fase de diagnóstico, tornou-se possível formar um banco de dados a respeito da atual gestão de resíduos sólidos urbanos no município e subsidiar a elaboração das ferramentas. Enquanto, a estruturação de programas e ações direcionados a solucionar os entraves da gestão serviu complementarmente, para avaliar a efetividade das ferramentas de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (GIRSU) propostas.

Por conseguinte, a fim de propiciar uma melhor compreensão sobre os temas abordados, bem como a correlação existente entre eles, o Quadro 4.1 apresenta um detalhamento dos Objetivos, Metodologias e Resultados que compõem a presente Tese de Doutorado, inclusive àqueles implícitos nos objetivos específicos.

Quadro 4.1 - Quadro Síntese da Tese: Objetivos, Metodologias e Resultados

4.1 A GESTÃO INTEGRADA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO CONTEXTO DOS PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO

Retomando a sequência acima descrita, o presente item pode ser subdividido nas seguintes etapas, aplicadas à área de estudo acima exposta:

- Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos (item 4.1.1);
- Prognóstico de Resíduos Sólidos Urbanos, Objetivos e Metas (item 4.1.2);
- Índice de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (item 4.1.3); e
- Desafios para a Implantação das Políticas Nacionais de Saneamento Básico e Resíduos Sólidos (4.1.4).

4.1.1 Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campinas-SP

O diagnóstico forneceu informações para a estruturação de um banco de dados sobre a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no município, subsidiando a proposição das ferramentas. Assim, por meio de dados secundários - analisados no DLU-PMC (2012) - a quantificação dos Resíduos Sólidos Urbanos foi obtida no próprio aterro sanitário Delta A, através da pesagem dos caminhões compactadores, com aplicação da Equação 4.1:

$$PT = PC - PV \quad \text{Equação 4.1}$$

onde,

PT - peso total médio dos RSU coletados;

PC - peso do caminhão cheio, após a coleta;

PV - peso do caminhão vazio, antes da coleta.

Paralelamente, os dados sobre a composição gravimétrica dos RSU foram levantados, através da metodologia do quarteamento das amostras, aplicada pelo Departamento de Limpeza Urbana de Campinas para o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (DLU-PMC, 2012).

De maneira geral, os dados brutos para a compilação do diagnóstico de todas as etapas do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de Campinas-SP - desde a sua

geração e quantificação até sua disposição final - foram fornecidos pelo Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal de Campinas (2012), responsável por sua prestação de serviços.

Além disso, os dados compilados foram complementados por visitas técnicas, entrevistas com os profissionais responsáveis por cada setor, bem como através da formação de um memorial fotográfico a partir de trabalhos de campo, a fim de atualizar as informações e atestar sua veracidade, referente a real situação do manejo de resíduos sólidos urbanos na área de estudo.

Por fim, de posse dessas informações, tornou-se possível propor as ferramentas de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos (GIRSU) - por meio dos cenários e indicadores - aplicadas ao estudo de caso de Campinas.

4.1.2 Prognóstico de Resíduos Sólidos Urbanos

Para a validação e simulação das metodologias de ferramentas de GIRSU propostas, prosseguiu-se ao estudo de caso de Campinas. Devido à falta de informações no banco de dados de gestão pública sobre a quantificação de resíduos de limpeza urbana (RLU) - ou seja, a pesagem ser calculada sobre o total de resíduos sólidos urbanos que são encaminhados ao aterro sanitário - esse valor de geração per capita (kg/hab.dia) foi internalizado junto aos resíduos domiciliares (RSD), através da projeção de resíduos sólidos urbanos (RSU).

Por conseguinte, a projeção extrapolativa dos RSU baseou-se na obtenção de uma equação que correlacionasse a geração per capita de RSU (kg/hab.dia) e PIB per capita (R\$/hab.ano), através de uma série histórica de 2003 a 2009.

Em seguida, vinculou-se essa equação de correlação ao crescimento geométrico da população de Campinas, no intuito de se estimar o total de resíduos sólidos urbanos (t/hab.) projetados para o ano de 2033. A Equação 4.2 de crescimento geométrico populacional mostra a taxa de crescimento (r) constante, baseada em dados do CENSO IBGE (2010) - cujo horizonte temporal de vinte anos se justifica pela vigência dos Planos Municipais de Saneamento Básico, através da seguinte equação:

$$r = \left[\left(\sqrt[n]{\frac{Pt}{Po}} \right) - 1 \right] \times 100$$

Equação 4.2

Onde:

r = taxa de crescimento;

Pt = população final;

Po = população inicial do período considerado;

n = número de anos do período.

Para o desenvolvimento de tais cálculos, as séries históricas de geração per capita dos RSU foram obtidas junto ao Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal de Campinas (2012), enquanto os valores de PIB per capita (R\$/hab.ano) e projeções populacionais foram extraídos do CENSO IBGE (2010).

Ademais, a mesma equação de correlação entre “PIB per capita x Geração de RSU” foi aplicada aos cenários prospectivos reativos e proativos (GO, OS, AM e TG), porém de acordo com as características tendenciais de cada situação, cujos detalhamentos específicos podem ser visualizados no subitem 4.1.2.1.

4.1.2.1 Cenários Prospectivos dos Resíduos Sólidos Urbanos

De maneira complementar, os cenários foram projetados segundo a proposta criada pela *Millenium Ecosystem* (MA, 2005), que aborda a metodologia prospectiva de múltiplos cenários - ao partir da incerteza do futuro - e descreve características intrínsecas a cada cenário.

Desta forma, foram eleitos dois cenários reativos - *Global Orchestration* (GO) e *Order from Strength* (OS) - e dois cenários proativos - *Adapting Mosaic* (AM) e *TechnoGarden* (TG) - para estimar a quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) a ser gerada durante a vigência do PMSB - mais especificamente até 2033, bem como os impactos decorrentes das ações de gestão e gerenciamento adotadas.

Portanto, seguindo a mesma linha metodológica anterior, a quantificação estimada de RSU para 2033 baseou-se também, na correlação existente entre “PIB per capita x Geração de RSU” – com o diferencial de que para os cenários prospectivos, as variáveis foram projetadas de acordo com as características de cada cenário.

Por conseguinte, para a simulação de cada cenário, foram consideradas as seguintes características genéricas:

- *Global Orchestration* (GO) - considera a prosperidade econômica, maior equidade social devido à globalização e acesso aos bens e serviços, no entanto a preocupação com o meio ambiente é reativa e pode se tornar bastante onerosa, para acompanhar os avanços globais;
- *Order from Strength* (OS) – caracteriza-se pelo protecionismo interno contra as competições internacionais de mercado, crescimento econômico dos países desenvolvidos e emergentes, miséria nos países subdesenvolvidos; ou seja, uma série de mudanças que implicam no aumento da degradação ambiental;
- *Adapting Mosaic* (AM) - caracteriza-se pela gestão integrada, adaptação às mudanças locais e formação de redes cooperativas, com uma maior enfoque ambiental; no entanto há um desestímulo ao crescimento econômico, já que o comércio divide sua prioridade com o gerenciamento dos diversos recursos;
- *TechnoGarden* (TG) - caracteriza-se pela solução dos conflitos entre meio ambiente e economia, uma gestão mais preocupada com a conservação dos recursos naturais e a mudança de hábitos do homem, todavia esse enfoque ambiental acaba por provocar uma estagnação no desenvolvimento de novas tecnologias.

Através da combinação dessas características genéricas de cada cenário prospectivo com a gestão integrada de resíduos sólidos urbanos, foram simuladas algumas tendências de geração, descritas na Tabela 4.1. Enquanto, a composição gravimétrica de cada fração acompanhou a projeção de sua série histórica, conforme Tabela 4.2.

Tabela 4.1 - Tendências do PIB e RSU per capita

Cenários	PIB (R\$/hab./ano)	RSU (kg/hab./ano)
Cenário Referência - Atual (2014)	42.785,60	354,45
<i>Global Orchestration</i> (2033)	++	++
<i>Order from Strength</i> (2033)	++	++
<i>Adapting Mosaic</i> (2033)	0	0
<i>TechnoGarden</i> (2033)	0	-

(++) aumento considerável (+) aumento (0) sem alteração (-) redução (--) redução considerável

Além disso, as características de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos foram simuladas, segundo o critério de adoção ou não das medidas proativas/reativas de

cada cenário prospectivo (GO, OS, AM e TG), conforme as etapas: coleta, tratamento e disposição final.

Todas as discussões a respeito da formulação dos cenários e dos aspectos da gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos considerados durante a simulação dessas tendências, serão apresentadas posteriormente, em capítulo específico.

Tabela 4.2 - Tendências da Composição Gravimétrica de RSU

Cenários	Composição (%)
Cenário Referência - Atual (2014)	47,22% F.O. 35,10% F.R. 17,03% R.E.
<i>Global Orchestration</i> (2033)	- 0 +
<i>Order from Strength</i> (2033)	- 0 +
<i>Adapting Mosaic</i> (2033)	0 + -
<i>TechnoGarden</i> (2033)	++ - -

F.O - Fração Orgânica; F.R. - Fração de Recicláveis; R.E. - Rejeitos
(++) aumento considerável (+) aumento (0) sem alteração (-) redução (--) redução considerável

4.1.2.2 Análise de Efetividade das Ferramentas de GIRS – Cenários Múltiplos

Para garantir que a elaboração de cenários múltiplos permitisse traçar diferentes perspectivas de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, todos os cenários foram analisados, segundo os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei nº 12.305/2010 e da Política Nacional de Saneamento Básico – Lei nº 11.445/2010.

4.1.2.3 Objetivos e Metas

Diante do diagnóstico e do prognóstico, no intuito de dar continuidade à aplicação das ferramentas de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos ao estudo de caso de Campinas-SP, foram traçados Objetivos e Metas para os Programas e Ações, os quais consideraram as reais necessidades do município - constatadas durante as fases anteriores - de acordo com uma escala temporal:

- prioridade imediata (2014);

- curto prazo (2015-2018);
- médio prazo (2019-2022); e
- longo prazo (2023-2033).

4.1.3 Índice de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos

Quando se trata de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, deve-se atentar à diversidade de aspectos que os contempla, bem como a gama de tipos de resíduos, classificados na Lei nº 12.305/2010.

Como os Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) são elaborados com um horizonte temporal de vinte anos e devem ser revisados periodicamente a cada quadriênio, torna-se fundamental que sejam estabelecidas ferramentas que permitam a avaliação da efetividade na prestação dos serviços de saneamento básico; e neste caso específico, dos resíduos sólidos.

Para o cálculo do **Índice de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos** do município de Campinas (I_{GRSU}), foi adaptada a metodologia do Indicador de Resíduos Sólidos (Irs), integrante do ISA (Indicador de Salubridade Ambiental), desenvolvido pela CONESAN (1999); já que cada localidade apresenta suas características intrínsecas e diferentes necessidades de hierarquização.

Assim, atendendo a esse objetivo, a gama de indicadores contemplados foi ampliada, a fim de expressar com maior propriedade as condições do município em relação ao tema. Ademais, ao contrário do Irs - que adota a média aritmética - optou-se pela média ponderada dos indicadores envolvidos, através do estabelecimento de pesos atribuídos, de acordo com as necessidades e prioridades da comunidade, em relação à saúde pública e meio ambiente. Desta forma, os pesos atribuídos para cada um dos oito (08) termos considerados no cálculo do I_{GRSU} de Campinas-SP podem ser visualizados na Tabela 4.3:

Tabela 4.3 - Indicadores e Pesos do I_{GRSU} de Campinas - SP

Indicadores do I_{GRS}	Pesos Atribuídos
Indicador do Serviço de Coleta Regular (I _{CR})	0,25
Indicador da Destinação Final dos RSD (I _{QR})	0,15
Indicador de Saturação da Disposição Final de RSD (I _{SR})	0,15
Indicador do Serviço de Coleta Seletiva (I _{CS})	0,15
Indicador de Pontos de Entrega Voluntária (I _{PEV})	0,05
Indicador do Reaproveitamento dos RSD (I _{RRSD})	0,10
Indicador do Serviço de Varrição das Vias (I _{VM})	0,10
Indicador de Reaproveitamento de Resíduos de Limpeza Urbana (I _{RRLU})	0,05

De modo que, o valor de I_{GRSU} pode ser obtido pela soma ponderada de cada variável, como na Equação 4.3:

$$I_{GRSU} = [(0,25 \times I_{CR}) + (0,15 \times I_{QR}) + (0,15 \times I_{SR}) + (0,15 \times I_{CS}) + (0,05 \times I_{PEV}) + (0,10 \times I_{RRSD}) + (0,10 \times I_{VM}) + (0,05 \times I_{RRLU})] / 10 \quad \text{Equação 4.3}$$

A seguir serão detalhadas as formulações, que possibilitaram a estimativa de cada variável que compõe o I_{GRSU}, o qual varia numa escala de 0 (inadequado) a 10 (adequado).

I_{CR} – Indicador de Coleta Regular

Este indicador Equação 4.4 quantifica os domicílios atendidos por coleta de resíduos domiciliares (RSD), tendo em vista a meta de universalização na prestação de serviços, a qual contempla tanto as áreas urbanas quanto rurais - considerando a taxa de urbanização de 98%. Assim, os cálculos podem ser baseados no seguinte critério:

$$I_{cr} = \frac{10 \times [(0,98 \times \%Duc) + (0,02 \times \%Drc)]}{\%Dt} \quad \text{Equação 4.4}$$

Em que:

- %Duc – total de domicílios urbanos com coleta regular de RSD (%);
- %Drc - total dos domicílios rurais atendidos por coleta regular de RSD (%);

- %Dt - total dos domicílios no município de Campinas (%).

IQR – Indicador de Tratamento e Disposição Final de RSU

Este indicador, denominado de Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR), era utilizado pela CETESB para avaliar as condições dos sistemas de disposição final de resíduos domiciliares (RSD). O índice era apurado com base em informações coletadas nas inspeções de cada instalação de disposição final e processadas a partir da aplicação de questionários padronizados.

Em 2013, a metodologia do indicador sofreu alterações em atendimento da PNRS e passou a ser denominada “IQR Nova Proposta”, de forma a enquadrar as instalações de disposição final de resíduos sólidos urbanos em inadequadas e adequadas, conforme o Quadro 4.2:

Quadro 4.2 - Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (CETESB, 2013)

IQR	Enquadramento	IQR
0,00 a 7,00	Condições Inadequadas (I)	0,00
7,01 a 10,00	Condições Adequadas (A)	10,00

ISR – Indicador de Saturação da Disposição Final de RSD

Este indicador (Equação 4.5) demonstra a vida útil dos locais de disposição final e a necessidade de implantação de novas unidades de disposição de resíduos, através da estimativa de sua saturação, sendo calculado com base nos seguintes critérios:

$$ISR = \frac{10 \times n}{n_{max}} \quad \text{Equação 4.5}$$

Em que:

- n = tempo em que o sistema ficará saturado (anos), desde que $n \leq 20$;
- $n_{max} = 20$ (vida útil).

I_{CS}- Indicador do Serviço de Coleta Seletiva

Este indicador quantifica a abrangência de domicílios atendidos por coleta seletiva de resíduos recicláveis, tendo em vista o princípio de universalização na prestação de serviços – tanto para áreas urbanas quanto rurais – e pode ser calculado com base na Equação 4.6:

$$I_{CS} = 10x[0,98x\left(\frac{\%csu\ atual}{\%csu\ max}\right) + 0,02x\left(\frac{\%csr\ atual}{\%csr\ max}\right)] \quad \text{Equação 4.6}$$

Em que:

- I_{CS} é o indicador de coleta seletiva regular;
- %csu máx é a porcentagem máxima dos domicílios urbanos atendidos pela coleta seletiva = 100% dos domicílios municipais (%);
- %csu atual é a porcentagem dos domicílios urbanos atendidos em relação ao total dos domicílios urbanos municipais (%);
- %csr máx é a porcentagem máxima dos domicílios rurais atendidos pela coleta seletiva = 100% dos domicílios municipais (%);
- %csr atual é a porcentagem dos domicílios rurais atendidos em relação ao total dos domicílios rurais municipais (%).

I_{PEV}- Indicador de Pontos de Entrega Voluntária

Este indicador representa a população atendida por Pontos de Entrega Voluntária (PEV) de resíduos sólidos em Campinas, tendo em vista o princípio da universalização na prestação de serviços, principalmente no que tange as áreas rurais. O I_{PEV} pode ser calculado com base na Equação 4.7:

$$I_{pev} = 10 x \frac{P_{pev}}{P_t} \quad \text{Equação 4.7}$$

Onde:

- I_{PEV} é o indicador de Pontos de Entrega Voluntária;
- P_{PEV} é a população atendida pelos PEVs (%). Obs.: para o cálculo do indicador em questão adotou-se como ideal, 1 PEV para cada 15.000 habitante;

- Pt é a população total de Campinas (%).

I_{RRSD} - Indicador do Reaproveitamento dos Recicláveis

Este indicador traduz o grau de reaproveitamento dos materiais recicláveis e compostáveis dos RSD coletados seletivamente, cuja importância está fundamentada nos princípios da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e pode ser calculado segundo a

Equação 4.8. Lembrando que para tal cálculo, foi considerado como total apenas o montante de fração reaproveitável – ou seja, 57% de compostáveis e 43% de recicláveis) - em desconto aos rejeitos:

$$Irrsd = 10 \times \left[\left(0,43 \times \frac{\%rr \text{ atual}}{\%rrmax} \right) + \left(0,57 \times \frac{\%rc \text{ atual}}{\%rcmax} \right) \right]$$

Equação 4.8

Em que:

- I_{RRSD} é o indicador de reaproveitamento de resíduos domiciliares;
- %rr máx é a porcentagem máxima dos RSD recicláveis reaproveitados = 35% do total de resíduos sólidos gerados no município;
- %rr atual é a porcentagem de RSD recicláveis reaproveitados em relação ao total dos resíduos sólidos gerados no município;
- %rc máx é a porcentagem máxima dos RSD compostáveis reaproveitados = 47% do total de resíduos sólidos gerados no município;
- %rc atual é a porcentagem de RSD compostáveis reaproveitados em relação ao total dos resíduos sólidos gerados no município.

I_{VM} - Indicador do Serviço de Varrição das Vias

Este indicador quantifica as vias urbanas atendidas pelo serviço de varrição, tanto manual quanto mecanizada, sendo calculado com base na Equação 4.9:

$$I_{vm} = 10 \times \frac{\%vm \text{ atual}}{\%vm \text{ max}} \quad \text{Equação 4.9}$$

Em que:

- I_{VM} é o indicador da varrição de vias;
- %vm máx é a porcentagem máxima de km de varrição = 100% das vias urbanas pavimentadas;
- %vm atual é a porcentagem de km de varrição praticados em relação ao total das vias urbanas pavimentadas.

I_{RRLU} - Indicador de Reaproveitamento de Resíduos de Limpeza Urbana

Este indicador (Equação 4.10) quantifica os resíduos de limpeza urbana (RLU) que são realmente reaproveitados pela compostagem, após o sistema de coleta regular, ao invés de ser encaminhados ao aterro sanitário.

$$I_{rrlu} = 10 \times \frac{\%rrlu \text{ atual}}{\%rrlu \text{ max}} \quad \text{Equação 4.10}$$

Em que:

- I_{RRLU} é o indicador de reaproveitamento de resíduos de limpeza urbana;
- %rrlu máx é a porcentagem máxima dos RLU reaproveitados = 100% do total de resíduos de limpeza urbana gerados no município;
- %rrlu atual é a porcentagem de RLU reaproveitados em relação ao total dos resíduos sólidos gerados no município.

Indicador de Densidade de Resíduos Sólidos Urbanos na Drenagem (I_{PCPD})

O Indicador de Densidade de Resíduos Sólidos Urbanos na Drenagem (I_{PCPD}) foi projetado com o intuito de monitorar a eficiência do Programa de Controle de Poluição Difusa Originada de Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem, através da variação de RSU que atinge a rede de microdrenagem de Campinas, em períodos chuvosos e secos. Desta forma, o I_{PCPD} pode ser calculado da seguinte forma (Equação 4.11):

$$IPCPD = 10 \frac{DRS_{atual} - DRS_{futura}}{DRS_{atual}} \quad \text{Equação 4.11}$$

Onde,

I_{PCPD} : Indicador de Densidade de Resíduos Sólidos Urbanos na Drenagem, válido para a condição $DRS_{atual} > DRS_{futura}$, senão $I_{PCPD} = 0$;

DRS_{atual} : Densidade de Resíduos Sólidos na Microdrenagem Atual;

DRS_{futura} : Densidade de Resíduos Sólidos na Microdrenagem Futura.

Para o cálculo da Densidade de Resíduos Sólidos foi adotada uma adaptação da metodologia aplicada por Neves (2006), visualizada através da Equação 4.12, para quantificar os resíduos sólidos presentes na drenagem urbana, na qual:

$$DRS = nd (Lc - Lr) \quad \text{Equação 4.12}$$

Onde,

DRS : Densidade de Resíduos Sólidos na Microdrenagem (kg);

nd : número de dias em que a Precipitação $> 0,5\text{mm}$, dado em dias;

Lr : Densidade de Resíduos no período sem chuva ($0 < P < 0,5$), dada em kg/dia (Equação 4.13);

Lc : Densidade de Resíduos no período com chuva ($P > 0,5$), dada em kg/dia (Equação 4.14).

$$Lr = \frac{\sum_i^{nr} Mr}{Nr} \quad \text{Equação 4.13}$$

Onde,

Lr : Densidade de Resíduos no período sem chuva ($0 < P < 0,5$), dada em kg/dia;

Mr : Massa de Resíduos no período sem chuva (kg);

Nr : número de dias sem chuva (dia).

$$Lc = \frac{\sum_i^{nc} Mc}{Nc}$$

Equação 4.14

Onde,

Lc: Densidade de Resíduos no período com chuva ($P > 0,5$), dada em kg/dia;

Mc: Massa de Resíduos no período com chuva (kg);

Nc: número de dias com chuva (dia).

Por fim, para a avaliação da efetividade de prestação do serviço de saneamento básico referente à gestão integrada de resíduos sólidos através do **Índice de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (I_{GRSU})**, foi aplicada uma adaptação da metodologia estabelecida por Batista e Silva (2006) apresentada no Quadro 4.3:

Quadro 4.3 - Análise da Condição de Salubridade

CONDIÇÃO DE SALUBRIDADE	CLASSIFICAÇÃO
Insalubre	0,00 – 2,50
Baixa Salubridade	2,51 – 5,00
Média Salubridade	5,10 – 7,50
Salubre	7,51 - 10,00

FONTE: Adaptado de BATISTA E SILVA, 2006

Desta forma, na revisão do PMSB de Campinas - prevista pela Lei nº 11.445/2007 para ser elaborada a cada quatro (04) anos - pode ser recalculado o I_{GRSU} , a fim de se estabelecer um panorama dos serviços de saneamento básico prestados no município durante a vigência do plano, ao se comparar com o valor do ano de referência (2014).

4.1.3.1 Estudo de Caso de Campinas – Programas e Ações para GIRS no Plano Municipal de Saneamento Básico

Para a melhoria da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos no município de Campinas, torna-se fundamental que as mudanças sejam contínuas e permanentes no horizonte de 20 anos. O estabelecimento de Programas e Ações em benefício do Plano Municipal de Saneamento Básico, instituído pelo Decreto nº 18.199/2013 permite com que o Indicador de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (I_{GRSU}) faça uma análise dessa melhoria contínua.

Partindo desse pressuposto, o estudo de caso de Campinas foi baseado nas necessidades apontadas durante as fases de Diagnóstico, Prognóstico e Indicadores, no sentido de propor Programas e Ações para uma adequada gestão integrada de resíduos sólidos, entre eles:

- Programa de Educação Ambiental (PEA);
- Programa de Comunicação Social (PCS);
- Programa de Otimização da Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Domiciliares (POCS);
- Programa de Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana (PCRLU);
- Programa de Tratamento de Lixiviados de Aterro Sanitário em reatores UASB, Campinas-SP (PTL); e
- Programa de Controle da Poluição Difusa Originada dos Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem (PCPD).

Todos os programas supracitados seguiram a mesma linha de formatação básica para a delimitação das ações necessárias de cada área, em termos de: justificativa e abrangência; revisão bibliográfica; metodologia; ações propostas; inter-relação com outros programas; custos estimados; benefícios dos programas e conclusão.

Paralelamente, foram compiladas planilhas simplificadas de custos estimados para a implantação de cada Programa proposto, baseadas nos:

- valores já orçados pelo DLU-PMC (2012);
- valores resultantes dos custos indiretos BDI (*Budget Difference Income*) e tabelas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2013);
- acesso aos orçamentos de projetos ambientais elaborados por consultorias técnicas especializadas; e
- contato com os fornecedores/fabricantes de equipamentos e prestadores de serviço.

De modo que os procedimentos metodológicos de cada Programa específico serão descritos posteriormente, dentro de seu conteúdo.

4.1.3.2 Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos em Campinas sob o enfoque do Decreto nº 7.404/2010

Dando prosseguimento, todos os Programas propostos no presente estudo de caso foram analisados e justificados, segundo o atendimento às exigências do Decreto Federal nº 7.404/2010, a fim de reafirmar sua importância no que concerne a gestão integrada de resíduos sólidos urbanos.

4.1.3.3 Análise de Efetividade das Ferramentas de GIRS - Índice de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (IGRSU)

No intuito de avaliar a efetividade do Índice de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (IGRSU), foi testada uma simulação dos valores máximos que poderiam ser atingidos pelos componentes do Índice - caso os Objetivos, Metas, Programas e Ações propostos no estudo de caso de Campinas fossem cumpridos dentro do horizonte de 2033, estabelecido pelo Plano Municipal de Saneamento Básico.

Em suma, o intuito é que o Índice de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (IGRSU) permita traçar um panorama contínuo da efetividade e desempenho de suas ações, através da melhoria progressiva de seus valores, os quais podem variar de 0 a 10.

4.1.4 Desafios para a Implantação das Políticas Nacionais de Saneamento Básico e Resíduos Sólidos

O presente item aborda uma breve discussão sobre as principais exigências estabelecidas nas Políticas Nacionais de Saneamento Básico e de Resíduos Sólidos, as quais apesar das incontestáveis inovações e avanços em termos de políticas ambientais, apresentam ainda muitos desafios a serem enfrentados para sua implantação.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os dados de Campinas-SP, como características físicas, administrativas, demográficas, econômicas, de saúde e educação foram obtidos através de levantamentos nos órgãos municipais competentes, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), bem como estudos previamente realizados pelos diversos órgãos municipais competentes.

Mais precisamente, os dados referentes à UGRHI-5 (PCJ) foram obtidos junto ao Comitê dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Já os demográficos, administrativos e econômicos foram extraídos dos censos do IBGE, planos de gestão das macrozonas, Plano Diretor – junto à Prefeitura Municipal de Campinas, conforme itens que seguem.

4.2.1 Caracterização do Município de Campinas

Para uma maior compreensão dos fatores que influenciam a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos, torna-se fundamental que algumas características do município de Campinas sejam abordadas, como apresentado a seguir.

4.2.1.1 Características Físicas e Administrativas

O município de Campinas foi fundado em 1797, localizando-se na região sudeste do Estado de São Paulo com coordenadas de -470 na longitude, +220 na latitude e altitude de 854m com relação ao nível do mar. Apresenta superfície territorial de 797,6km², sendo que o município está dividido administrativamente por 140 bairros e 04 distritos. Para administrar todo o território municipal, há 09 autarquias, 22 secretarias e 40 departamentos.

O município está inserido na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (UGRHI-5), sendo importante destacar que o rio Atibaia é um dos formadores do sistema Cantareira, responsável pelo abastecimento de 52% da Região Metropolitana de São Paulo. A UGRHI - PCJ possui área de 15.303,67 km², sendo 92,6% no Estado de São Paulo e 7,4% no Estado de Minas Gerais, Figura 4.2.

Figura 4.2 - Municípios da UGRHI - PCJ

FONTE: IRRIGART, 2006

Segundo o Plano das Bacias PCJ (2011), Campinas apresenta uma demanda consumptiva total de 4,27 m³/s, em que: 3,65 m³/s (85,48%) a demanda urbana, 0,07 m³/s (1,64%) a industrial e 0,55 m³/s (12,88%) para a irrigação. Dentre as atividades não consuntivas - aquelas que não envolvem consumo - tem-se a geração de energia elétrica na Usina Hidrelétrica – UHE de Salto Grande, no rio Atibaia, e a UHE Jaguari, no rio Jaguari.

De acordo com o IG/SMA (2009), Campinas abrange três tipos de terrenos geológicos: a leste, rochas ígneas das Suítes Graníticas Jaguariúna e Morungaba, além das metamórficas do Complexo Itapira; e a oeste, rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, bem como rochas ígneas do mesmo evento gerador da Formação Serra Geral. Já quanto à geomorfologia, caracteriza-se por estar em uma região de transição entre duas formações geomorfológicas: o Planalto Atlântico e a Depressão Periférica.

Quanto ao clima, o município encontra-se em uma área de transição entre o clima tropical e o subtropical, a precipitação média anual é de 1.381 mm, com período chuvoso de outubro a março e período seco entre abril e setembro (BRIGUENTI, 2005).

4.2.1.2 Características Demográficas, Saúde e Educação

Atualmente, de acordo com o CENSO 2010 (IBGE) a população está estimada em 1.080.113 habitantes - distribuída entre 520.865 homens e 559.248 mulheres. De modo que 1.061.540 hab. encontram-se na área urbana e somente 18.573 hab. na zona rural. O município apresenta área total de 795 km², com uma densidade demográfica de 1,36 habitantes/km².

Campinas é gestora plena do Sistema Único de Saúde - SUS, modalidade de gestão em que todas as decisões quanto ao gerenciamento de recursos e serviços, próprios, conveniados e contratados se dão no âmbito do município (SMS, 2012). Enquanto, a taxa de analfabetismo da população de 15 anos ou mais, ano base de 2010, permite traçar o perfil municipal em relação à educação, com uma taxa de 3,26%, ou seja, um percentual menor de pessoas analfabetas nessa faixa etária, em comparação a Região Metropolitana de Campinas (RMC), com 3,75% e em relação ao Estado de São Paulo, que apresentou índice de 4,33% de analfabetos.

4.2.1.3 Características Econômicas

A população de Campinas gera um PIB (Produto Interno Bruto) total de aproximadamente R\$ 20 Bilhões/ano, sendo considerado o 11º maior PIB do Brasil, 3º do Estado, o que representa 3 % do total do PIB do Estado de São Paulo (IBGE, 2010).

Além disso, a renda familiar é outro fator socioeconômico que reflete as condições econômicas financeiras de uma determinada região e assim como o PIB per capita municipal, vem aumentando consideravelmente, conforme a Tabela 4.4.

Tabela 4.4- Evolução do PIB e renda familiar de Campinas-SP

Ano	Renda Familiar (R\$)			PIB Per Capta. (R\$/hab/ano)
	Classes A e B	Classe C	Classes D e E	
2005	2.484,00	1.107,00	545,00	21.653,19
2006	2.325,00	1.162,00	571,00	22.304,37
2007	2.217,00	1.062,00	580,00	26.133,13
2008	2.586,00	1.201,00	650,00	28.133,13
2009	2.844,60	1.321,00	715,00	30.264,34
2010	3.129,06	1.453,00	786,50	32.556,99
Média	2.597,61	1.217,67	641,25	24.316,37

4.2.1.4 Histórico da Política Municipal de Resíduos Sólidos em Campinas-SP

O histórico¹ de como se desenvolveu a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos no município de Campinas pode ser visualizado a seguir, através de informações, dados e levantamentos pertencentes ao Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal de Campinas (DLU-PMC, 2012), complementado por relatos técnicos de gestores municipais, bem como notas pessoais em reuniões do grupo de acompanhamento, instituído pelo Decreto 18.357/2014 e Portaria nº 80.084/2013.

Na década de 70, os resíduos sólidos urbanos gerados em Campinas eram gerenciados por meio da administração direta, que abrangia os serviços de limpeza pública desde a sua geração na fonte até a destinação final. Os resíduos sólidos eram coletados em veículos compactadores - modelo Kuca Piratininga - que compactava o material por abrasão (atrito), com redução do volume inicial na proporção de 5:1.

Após a coleta, os resíduos eram transportados até a destinação final, operada de preferência nas áreas que apresentavam relevo acidentado, sem precauções com o meio ambiente e saúde pública, apenas com o objetivo de recuperar topograficamente o local, conforme orientação recebida do próprio Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) na época. Tal procedimento era considerado normal, uma vez que os resíduos domiciliares apresentavam alto teor de matéria orgânica (80% - 90% resto alimentos) e acreditava-se que uma camada de solo argiloso de 2,0 a 3,0m na base do aterro sanitário seria suficiente para reter eventuais contaminantes orgânicos, atenuando assim os riscos de contaminação pelos resíduos e seus lixiviados, por se tratar do solo um grande filtro.

Em 1972, foi criado o “Lixão da Pirelli” que recebia todas as categorias de resíduos sólidos gerados nas mais diversificadas fontes, tais como indústrias, hospitais, comércios, residências, etc. Em 1984, o lixão foi encerrado, sem nenhuma atenção à recuperação ambiental do local, apenas havendo um recobrimento com solo em toda superfície de resíduos.

Entre o período de 1985 e 1989, o sistema de limpeza pública - em especial a coleta dos resíduos sólidos domiciliares - atravessava uma fase de dificuldades, devido à falta de recursos financeiros e estrutura técnica para manutenção preventiva e corretiva da frota de caminhões coletores. Tal contexto levou em 1988, a ser assinado o primeiro contrato de terceirização dos serviços de coleta e varrição (50% da coleta e 100% varrição das ruas e logradouros públicos) - com duração de 48 meses, realizado pela empresa Vega Sopave através do contrato 37.8.067/ SOSP/87.

¹FONTES: DLU-PMC (2012), complementado e atualizado por relatos técnicos de gestores municipais, bem como notas pessoais sobre as reuniões de grupo de acompanhamento.

Na época, ocorreu também a mudança do local de disposição final do "Lixão Pirelli" para o "Parque Santa Bárbara", projetado em 1984, antes da Resolução CONAMA 001/86, a qual exige o licenciamento ambiental com elaboração de estudos de impacto ambiental a empreendimentos dessa natureza.

Em função da crise mundial do petróleo, foi possível operar o aterro do Parque Santa Bárbara visando o aproveitamento do biogás para uso automotivo – medida viabilizada através de um convênio estabelecido entre a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) / Prefeitura Municipal de Campinas e Manguels Ltda.

Na década de 90, a operação dos serviços de limpeza pública, terceirizada para as empresas Vega Sopave e Cavo - era realizada para a maioria das etapas de manejo; exceto a operação do aterro, gerenciada pela própria Prefeitura Municipal de Campinas, através do Departamento de Limpeza Urbana (DLU). Na época, foi criada a coleta seletiva dos resíduos domiciliares, executada por veículos coletores remanescentes da frota da Prefeitura, antes utilizados para coleta regular.

Em 1992, o aterro Parque Santa Bárbara foi encerrado, com uma vida útil de 08 anos, sendo implantado o Aterro Sanitário Delta A, com os respectivos Estudos de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA-RIMA), bem como as licenças ambientais exigidas.

Para a deliberação da Licença Prévia nº 000055/96 do aterro sanitário Delta A, foi emitida pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) - fundamentada no Parecer Técnico da CETESB nº 03796 - a exigência de recuperação ambiental do "Lixão Pirelli" e do aterro "Parque Santa Bárbara"; o que acabou por atrasar a obtenção das licenças de instalação e operação do aterro sanitário Delta A.

Em 1994, a Prefeitura Municipal de Campinas (PMC) desenvolveu um projeto de recuperação ambiental do "Lixão Pirelli" pela empresa CSD *Geoclock*, no entanto tal projeto não apresentou viabilidade econômica devido à tecnologia de alta complexidade, não disponível no mercado nacional. A falta de atendimento às exigências da CETESB fez com que o Ministério Público apurasse os motivos da PMC não atender plenamente o solicitado.

Ainda em 1994, através da Lei Municipal nº 8.243/1994, foi criado o Complexo Delta com a Central de Tratamento de Resíduos, que alterou o uso e ocupação do solo da área de entorno, permitindo no primeiro envoltório apenas reflorestamento e no segundo, apenas indústria - com exceção da alimentícia e farmacêutica (Figura 4.3 e Figura 4.4).

¹FONTES: DLU-PMC (2012), complementado e atualizado por relatos técnicos de gestores municipais, bem como notas pessoais sobre as reuniões de grupo de acompanhamento.

Figura 4.3 - Uso e Ocupação do Complexo Delta

FONTES: DLU-PMC, 2010

Figura 4.4 - Envoltórios do Complexo Delta

FONTES: DLU-PMC, 2010

¹FONTES: DLU-PMC (2012), complementado e atualizado por relatos técnicos de gestores municipais, bem como notas pessoais sobre as reuniões de grupo de acompanhamento.

No mesmo ano, foi publicado o Decreto nº 11.510/1994 que regulamentou a Política Municipal de Resíduos Sólidos da Lei Municipal nº 7.058/1992, o que reforçou os conceitos de Central de Tratamento de Resíduos.

No ano de 1995, foi realizada concorrência pública internacional nº 011/1995 para implantação de sistema integrado de tratamento de RSU através de processos de reciclagem mecânica, biológica e energética, de forma a descartar no Aterro Sanitário Delta A, apenas o rejeito dos processos de tratamento. No entanto, as novas tecnologias preconizadas não foram implantadas em virtude de inviabilidades financeiras.

Diferente do processo anterior, na época, o sistema de tratamento térmico por micro-ondas dos resíduos de serviços de saúde – pertencente ao *croqui* do Complexo Delta - foi implantado no ano de 1995, a fim de viabilizar alternativa técnica ao transporte até o incinerador de Vergueiro no Município de São Paulo.

Em 1996 o antigo aterro "Parque Santa Barbara", encerrado em 1992, recebeu obras terceirizadas para caracterizar efetivamente seu encerramento e recuperação ambiental.

No período de 1997 a 2000, ocorreram crises nos contratos de limpeza pública terceirizados e o aterro sanitário Delta A atingiu valor de IQR da CETESB igual a 4,5, o que colocou o aterro na condição de operação inadequada.

Ainda no ano de 2000, o Ministério Público moveu uma ação civil pública com a finalidade de atender os passivos ambientais causados pela falta de gestão do responsável, o que levou a Prefeitura Municipal de Campinas (PMC) a cumprir todas as exigências solicitadas pela CETESB. No final de 2000, foi assinado o Consórcio ECOCAMP, formado pelas empresas *Tejofran*, MB Engenharia, Bauruense e Severo Vilares, em que pela primeira vez, contemplou-se a operação e o monitoramento dos aterros sanitários Delta A, Santa Barbara e Pirelli, respectivamente.

No ano de 2002, foi publicado o Decreto Municipal nº 14.265/2002 que criava as cooperativas de reciclagem para triagem e comercialização dos materiais advindos da coleta seletiva e assim, obter recursos a serem distribuídos entre os cooperados. Anteriormente, a reciclagem era realizada por funcionários do DLU, que separavam o material coletado e doavam o produto final para o Fundo Social de Solidariedade.

Devido ao aquecimento do mercado de construção civil, notou-se um acréscimo de descartes irregulares, o que levou o depósito de resíduos inertes "Aterro Taubaté" - que funcionava desde 1996 - a receber os resíduos de construção civil e também de

¹FONTES: DLU-PMC (2012), complementado e atualizado por relatos técnicos de gestores municipais, bem como notas pessoais sobre as reuniões de grupo de acompanhamento.

limpeza urbana, sobretudo galharias. Posteriormente, tal descarte foi proibido pela CETESB e Ministério Público.

Em 2004, a PMC adquiriu e implantou uma usina de britagem e reciclagem de resíduos de construção civil, com capacidade para processar 75 toneladas/hora de entulho, localizada em área pertencente ao Complexo Delta. Nesse mesmo ano, a recuperação ambiental da área do aterro de inertes da fazenda Taubaté teve início com a elaboração de estudos de investigação preliminar e projeto de reconfiguração geométrica do maciço de resíduos.

O contrato com o consorcio ECOCAMP se encerrou em 2005 e foi viabilizado um novo contrato chamado Consorcio TECAM constituído de 04 empresas- *Tejofran*, Severo Vilarés, MB Engenharia e a Delta. Esse novo contrato, assinado em 2006, apresentava um escopo técnico, com assuntos como: remediação de áreas contaminadas, aparelhamento das cooperativas de reciclagem, coleta de resíduos tecnológicos, controle eletrônico da balança, limpeza especial dos calçadões, compostagem de resíduos verdes, coleta de RCC, limpeza de drenagem urbana, coleta de contêineres, entre outros.

Assim, desde a fundação do Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura de Campinas em 1974 até os dias atuais, foram concebidas modificações nos modelos de gestão dos resíduos sólidos municipais que passaram basicamente por 03 formas distintas de gerenciamento dos serviços, conforme mostra a Figura 4.5:

Figura 4.5 - Modelos de Gestão de Resíduos Sólidos de Campinas (1994 - 2010)

FONTE: DLU-PMC, 2010

Em 2007, prestes a esgotar a vida útil do aterro sanitário Delta A, a PMC pleiteou junto à CETESB, a autorização para a verticalização do maciço de resíduos em mais 10m, a fim de facilitar a viabilização do novo aterro sanitário Delta B. A CETESB por sua vez, condicionou a autorização ao compromisso de conclusão da investigação e

¹FONTES: DLU-PMC (2012), complementado e atualizado por relatos técnicos de gestores municipais, bem como notas pessoais sobre as reuniões de grupo de acompanhamento.

diagnóstico de recuperação dos antigos aterros, por meio do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC).

As fases de investigação, diagnóstico ambiental, análises de risco toxicológico à saúde humana e propostas de remediação das áreas de todos os aterros municipais foram concluídas no mesmo ano de 2008; tendo sido firmado entre Prefeitura e CETESB, um aditamento a este TAC, com o objetivo de uma efetiva reabilitação ambiental destes locais. A Figura 4.6 mostra a vida útil de cada aterro municipal, sendo que o Delta B ainda encontra-se em fase de licenciamento ambiental.

Figura 4.6 - Vida Útil dos Aterros Municipais de Campinas-SP

FONTE: DLU-PMC, 2010

Em 2012, sob a coordenação da Secretaria Municipal de Serviços Públicos – a cargo do Departamento de Limpeza Urbana, foi levado à Audiência Pública, o Plano de Gestão Integral de Resíduos Sólidos Urbanos. No entanto, não houve sua aprovação pela Câmara Municipal e respectivo controle social, justificado pelo plano contemplar apenas as características de diagnóstico.

No ano de 2013, sob a coordenação da Secretaria do Verde e do Desenvolvimento Sustentável e com a participação do grupo técnico instituído pela Portaria nº 80.084/2013 – o qual incluiu as Pastas de Serviços Públicos, Infraestrutura e SANASA – a Prefeitura Municipal de Campinas submeteu a duas Audiências Públicas, o Plano Municipal de Saneamento Básico de Campinas:

- 1ª audiência (30/07/2013) – Diagnóstico do Saneamento Básico de Campinas;
- 2ª audiência (12/11/2013) – Prognóstico, Objetivos e Metas; Programas e Ações.

¹FONTES: DLU-PMC (2012), complementado e atualizado por relatos técnicos de gestores municipais, bem como notas pessoais sobre as reuniões de grupo de acompanhamento.

Apesar do histórico conturbado em relação aos resíduos sólidos, em 19 de dezembro de 2013, foi aprovado o Decreto nº 18.199, que instituiu o Plano Municipal de Saneamento Básico de Campinas, com vigência de vinte anos (CAMPINAS, 2013).

No início de 2014, a PMC abriu licitação para os serviços de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos; tendo em vista o prazo final de encerramento do aterro sanitário Delta A em 31 de março de 2014, o qual passaria a ser utilizado apenas como estação de transbordo, pós-coleta convencional da empresa Renova Ambiental – também responsável pelo monitoramento do antigo aterro por 30 anos. Tal medida foi adotada provisoriamente pela administração pública, enquanto não houvesse o licenciamento do aterro sanitário Delta B.

A empresa que venceu a licitação provisória foi a Estre Ambiental – a qual já realiza a destinação final dos resíduos sólidos urbanos de Paulínia e mais quinze municípios da RMC – a um custo de R\$34,9 milhões/ano para os cofres públicos de Campinas. A Estre Ambiental, portanto, ficará responsável pelo transporte da estação de transbordo, tratamento e disposição final, enquanto a Renova Ambiental manterá os serviços de coleta porta-a-porta e transporte até a estação de transbordo – totalizando um custo de R\$113,9 milhões/ano.

A Figura 4.7 exemplifica o início das atividades da Estre Ambiental no Delta A, no dia 01 de abril de 2014 – data em que se encerrou o prazo de vida útil do aterro. Enquanto a Figura 4.8 mostra os caminhões despejando os resíduos no Estre Ambiental.

Figura 4.7 - Caminhões da Estre Ambiental em operação no Delta A

FONTE: CAMPINAS, 2014

¹FONTES: DLU-PMC (2012), complementado e atualizado por relatos técnicos de gestores municipais, bem como notas pessoais sobre as reuniões de grupo de acompanhamento.

Figura 4.8 - Disposição Final no Aterro Sanitário da Estre Ambiental

FONTE: CAMPINAS, 2014

No dia 26 de maio de 2014, foi instituído o Decreto Municipal nº 18.356/2014, o qual dispõe sobre a criação do Grupo de Acompanhamento do Plano Municipal de Saneamento Básico, aprovado pelo Decreto nº 18.199/2013. Tal grupo é composto por técnicos das seguintes pastas (CAMPINAS, 2014):

- Chefia do Gabinete do Prefeito;
- Secretaria do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável;
- Secretaria Municipal de Infraestrutura;
- Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento Urbano;
- Secretaria Municipal de Serviços Públicos – Departamento de Limpeza Urbana;
- Secretaria Municipal de Trabalho e Renda;
- Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento – SANASA;
- Informática de Municípios Associados S/A – IMA.

Entre as atribuições desse grupo, destacam-se o levantamento, compilação e formatação dos dados referentes ao relatório anual de ações e à revisão quadrienal do PMSB. Além da possibilidade de uma abertura maior para a participação social nas tomadas de decisão, a partir da realização de Reuniões Técnicas Informativas, destinadas ao controle social.

De forma sintética, a Figura 4.9 mostra as classes abrangidas dentro dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e seus respectivos responsáveis pela gestão, no município de Campinas.

¹FONTES: DLU-PMC (2012), complementado e atualizado por relatos técnicos de gestores municipais, bem como notas pessoais sobre as reuniões de grupo de acompanhamento.

SMSP- DLU: Secretaria Municipal de Serviços Públicos – Departamento de Limpeza Urbana; PGRS: Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos; V: volume, dado em litros.

Figura 4.9 – Responsabilidades sobre a Gestão de RSU em Campinas

¹FONTES: DLU-PMC (2012), complementado e atualizado por relatos técnicos de gestores municipais, bem como notas pessoais sobre as reuniões de grupo de acompanhamento.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme já observado no capítulo metodológico, a fim de se obter um diagnóstico da atual gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no município de Campinas e a partir dele, elaborar ferramentas de “Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos” aplicadas ao Plano Municipal de Saneamento Básico - instituído pelo Decreto Municipal nº 18.199/2013 - o presente item foi subdividido em:

- Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campinas-SP;
- Prognóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campinas-SP;
- Índice de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos;
- Estudo de Caso de Campinas – Objetivos, Metas, Programas e Ações para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos.

5.1 DIAGNÓSTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CAMPINAS-SP

O diagnóstico da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no município de Campinas foi subdividido em resíduos domiciliares (RSD) e resíduos de limpeza urbana (RLU), conforme a alínea "c" do Artigo 13 da Lei nº 12.305/2010. Além disso, dentro do diagnóstico de resíduos domiciliares, haverá um breve panorama sobre o desempenho da atual coleta seletiva de recicláveis.

5.1.1 Resíduos Domiciliares

O Artigo 13 da Lei nº 12.305/2010 define os resíduos domiciliares como aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas. Deste modo, as etapas do seu gerenciamento encontram-se a seguir, sendo elas: geração, segregação e acondicionamento, coleta, transporte, armazenamento, tratamento e disposição final.

5.1.1.1 Geração

Ao partir do princípio de que a população atual de Campinas é de aproximadamente 1.090.915 habitantes (SEADE, 2010) e a média de peso de resíduos sólidos urbanos dispostos no aterro sanitário Delta A - domiciliares (RSD) e limpeza urbana (RLU) - é de 1.300 toneladas/dia, tem-se uma taxa de geração per capita de 1,192 kg/dia.hab.

De acordo com o DLU-PMC (2012), estima-se ainda que desse total, 1000 toneladas/dia sejam RSD, enquanto 300 toneladas/dia sejam RLU. No entanto, para aferir com maior precisão esse valor, serão necessárias novas pesagens dos volumes que chegam ao Delta A, a partir do quarteamento das amostras. Complementarmente, a composição física gravimétrica dos resíduos domiciliares pode ser visualizada na Tabela 5.1 e a Figura 5.1 apresenta as médias das classes sociais (A, B, C, D, E) para as composições gravimétricas dos resíduos sólidos domiciliares.

Tabela 5.1 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares

Composição Gravimétrica dos RSD	Fração dos materiais por classe social (%)				
	A	B	C	D	E
Matéria Orgânica	38,69	36,70	45,78	59,05	55,89
Papel e Papelão	17,76	23,11	14,99	13,33	11,81
Plástico	13,95	18,54	16,98	14,31	17,66
Madeira	0,86	0,67	0,35	0,42	0,38
Couro e Borracha	0,19	0,39	0,86	0,28	0,94
Tecidos (pano e estopa)	2,16	1,92	4,27	5,09	5,75
Jardins (folhas e galhadas)	18,84	13,37	10,27	2,25	1,79
Metal Ferroso	0,59	0,69	1,29	0,93	1,03
Vidro	1,61	1,17	1,06	1,19	1,29
Louça, cerâmica e pedra	0,87	0,95	0,72	0,32	0,32
Agregado fino (pó, terra)	1,05	0,42	0,26	0,21	0,26
Perdas	2,88	1,75	2,42	2,30	2,60

FONTE: PMC- DLU, 2012

Figura 5.1 - Composição Gravimétrica dos Resíduos Domiciliares

FONTE: Adaptado PMC- DLU, 2012

Existem três (03) grandes grupos de materiais em que os resíduos domiciliares podem ser elencados: a matéria orgânica (majoritariamente composta por restos de alimentos), o material reciclável (papéis, papelão, plásticos, metais, vidros, etc.) e os

materiais não recicláveis, descartáveis ou simplesmente denominados como rejeitos, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010.

Através dos dados levantados, torna-se possível inferir a relação - quanto maior o poder aquisitivo da classe social, menor o teor de matéria orgânica na composição de seus resíduos - se comparadas às classes médias e baixas. Tal explicação pode estar associada a um maior acesso a recursos e serviços dessas classes e consequentemente, ao maior consumo de produtos industrializados; que por sua vez, desencadeia num aumento da geração de recicláveis - principalmente, devido às suas embalagens.

Essa tendência é acompanhada pela baixa eficiência do atual sistema de coleta seletiva e a não existência do tratamento para resíduos orgânicos, o que implica num maior volume de rejeitos.

Para efeitos de comparação, a Figura 5.2 demonstra a constituição dos resíduos domiciliares agrupada por classe social, em termos de: matéria orgânica, material reciclável e material não reciclável.

Figura 5.2 - Constituição dos RSD por classe social

FONTE: PMC- DLU, 2012

5.1.1.2 Segregação e Acondicionamento

Os resíduos sólidos domiciliares em geral, são acondicionados em sacos plásticos, com capacidade volumétrica máxima de 100 litros (Figura 5.3), ou nas

populares "sacolas de mercado" até que sejam coletados pelo sistema público e encaminhados para a destinação final.

Ressalta-se que de acordo com a Legislação Municipal de Limpeza Urbana nº 7.058/92, quando ultrapassada a capacidade de 100 litros diários por residência, o próprio gerador torna-se responsável pela destinação final do resíduo gerado.

Figura 5.3 - Acondicionamento de RSD em sacos plásticos

FONTE: Autor, 2013

Na área urbana atendida pela coleta seletiva, também pode ser verificada a presença de lixeiras de segregação de materiais (Figura 5.4) e lixeiras comuns de RSD espalhadas pela área central (Figura 5.5).

Figura 5.4 - Segregação de RSD nos prédios residenciais de Campinas-SP

FONTE: Autor, 2014

Figura 5.5 - Lixeiras comuns de RSD na Área Central de Campinas

FONTE: Autor, 2013

5.1.1.3 Coleta e Transporte

O plano de coleta e transporte de resíduos domiciliares do município de Campinas foi traçado de forma a considerar aspectos e características físicas, demográficas, econômicas dos bairros/microrregiões, tipos de equipamentos a serem utilizados, frequência de coletas, distância do aterro sanitário (destinação final), itinerários e rotas a serem seguidos pelos veículos coletores, tempos de descarga, estimativa do volume de resíduos a ser coletado, trânsito, topografia dos terrenos, carga horária das equipes de coleta, otimização da frota, entre outros fatores.

Deste modo, a coleta dos resíduos sólidos domiciliares abrange 100% da área urbana do município e 50% das áreas rurais, sendo realizada de acordo com o “plano de coleta”. A tributação da taxa de “coleta, remoção e destinação final dos resíduos sólidos domiciliares” foi instituída pelo Decreto Municipal nº 6.335/90 e vem discriminada junto ao carne do IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano. Para efeito de cobrança, foi adotado um valor específico para cada região da cidade, o qual obedece ao critério da frequência de atendimento da coleta convencional, fundamentado em setores de dias alternados e setores diários.

Cada equipe de coleta dos resíduos sólidos domiciliares do município de Campinas é composta por: 01 motorista; 04 coletores e 01 veículo coletor compactador de 15 m³.

Todos os funcionários recebem treinamento, trabalham uniformizados e providos dos equipamentos de proteção individual (EPIs) necessários à execução dos serviços. O consórcio responsável pela coleta disponibiliza 40 veículos coletores compactadores, 190 garis e 50 motoristas distribuídos igualmente em 35 setores de serviço (Figura 5.6 e Figura 5.7). Cada setor possui aproximadamente 50 km de extensão, onde são coletadas em média 16 toneladas de resíduos em, no mínimo 03 viagens, realizadas por cada veículo coletor.

Figura 5.6 - Caminhão de coleta de RSD na área central de Campinas

FONTE: Autor, 2013

Figura 5.7 - Caminhão de coleta de RSD do Consórcio Renova Ambiental

FONTE: Autor, 2014

Atualmente, a coleta regular diária restringe-se a áreas centrais do município, onde há uma alta densidade de população e fluxo constante de pessoas; de modo que as áreas periféricas são atendidas por uma programação em dias alternados. Os serviços são realizados de acordo com a Equação 5.1:

$$T_{RSD} = \frac{P}{D}$$

Equação 5.1

em que,

T_{RSD} = taxa de geração de resíduos domiciliares;

P = peso dos resíduos sólidos domiciliares coletados, em toneladas;

D = distância percorrida nos setores de coleta, em km.

Portanto, para as áreas centrais com grande fluxo de pessoas e geração de resíduos sólidos, a coleta é realizada durante o período noturno. Enquanto em áreas de baixa geração de resíduos, esta ocorre durante o período diurno; cuja divisão por área abrangida pode ser visualizada na Figura 5.8.

Figura 5.8 - Período da coleta de resíduos sólidos domiciliares (RSD)

FONTE: Adaptado PMC-DLU, 2012

Em 2014, após a suspensão do processo licitatório do aterro sanitário Delta A, foi firmado um novo contrato de coleta de resíduos domiciliares, o qual irá custar R\$39,9 milhões a mais aos cofres públicos, já que os resíduos passam a ser encaminhados para aterro sanitário vizinho (raio de 100 km) a um custo de aproximadamente R\$90,00 por quilo de resíduo destinado.

5.1.1.4 Armazenamento

De maneira geral, há poucos pontos de armazenamento de resíduos domiciliares nas áreas urbanas e rurais do município; ou seja, a partir do acondicionamento, os

resíduos são diretamente coletados pela empresa consorciada responsável pela prestação do serviço e encaminhados para o tratamento e disposição final.

Com exceção dos Ecopontos ou Pontos Verdes, onde são armazenados os resíduos domiciliares destinados à coleta seletiva e que ficam localizados em pontos estratégicos de Campinas, conforme constatação da ocorrência de descarte irregular. A Figura 5.9 exemplifica os contêineres de coleta seletiva disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Campinas para o armazenamento de resíduos domiciliares no Bosque dos Jequitibás.

Figura 5.9 - Contêineres de Coleta Seletiva no Bosque dos Jequitibás

FONTE: Autor, 2013

Como pode ser observado na Figura 5.10, é utilizado um único contêiner para o armazenamento de resíduos orgânicos e não recicláveis, no entanto como uma das propostas de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos sugere o tratamento da fração orgânica - a fim de encaminhar apenas os rejeitos para o aterro sanitário - seria ideal que essas classes de resíduos fossem segregadas, o que proporcionaria o reaproveitamento da matéria orgânica.

Figura 5.10 - Contêineres de Coleta de Orgânicos no Bosque dos Jequitibás

FONTE: Autor, 2013

A título de exemplificação de um dos problemas recorrentes enfrentados pelas administrações públicas em geral a respeito dos resíduos sólidos, a Figura 5.11 mostra que apesar da disponibilização de equipamentos de armazenamento de resíduos, a população ainda os descarta irregularmente, o que confirma a hipótese da necessidade de um Programa de Educação Ambiental consistente. Já a Figura 5.12 exemplifica o descarte irregular de resíduos sólidos urbanos nas margens do Ribeirão das Anhumas.

Figura 5.11 - Descarte Irregular de Resíduos Sólidos no Bosque dos Jequitibás

FONTE: Autor, 2013

Figura 5.12 - Descarte Irregular de Resíduos Sólidos no Ribeirão das Anhumas

FONTE: Autor, 2013

Ressalta-se ainda que o Ribeirão Anhumas pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Atibaia – principal manancial de captação de água de abastecimento para o município de Campinas. Trata-se de uma sub-bacia extremamente adensada, com 1.887 hab./km², além de se destacar pela presença de 170 nascentes e por sua densa rede de drenagem, a qual chega à ordem de hierarquia fluvial 05.

submetidos à coleta mecanizada, através de um aparato do caminhão, o qual transbordará o conteúdo do dispositivo.

No entanto, uma das inconsistências apontadas no novo modelo mecanizado de coleta se justifica pela inexistência de contêineres exclusivos para a coleta seletiva de recicláveis, bem como aqueles que segreguem a fração orgânica dos rejeitos, como preconizado pela PNRS. Paralelamente, não há consenso entre os moradores do Distrito sobre os pontos em que estes dispositivos foram instalados, além da coleta mecanizada mensal estar sujeita à formação de lixiviados, devido à decomposição da matéria orgânica.

Outra queixa dos moradores do Distrito, que abriga a Cidade Universitária – ou seja, onde há uma tendência à maior conscientização em relação às questões ambientais por parte dos cidadãos – é de que não houve tentativa por parte da gestão pública em promover a participação social na aprovação das ações implementadas.

Figura 5.14 – Cânteineres de Coleta Mecanizada de Barão Geraldo

FONTE: Campinas, 2014

5.1.1.5 Tratamento

Na gestão municipal dos resíduos sólidos urbanos - domiciliares e de limpeza urbana - não é desenvolvida nenhuma atividade de tratamento, sendo os mesmos encaminhados diretamente à disposição final, o que conflita com as exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

5.1.1.6 Disposição Final

A Figura 5.15 apresenta os principais pontos de descarte e disposição final de resíduos sólidos do município de Campinas-SP. Até a gestão municipal do início de 2014, os resíduos domiciliares coletados através do sistema convencional eram

encaminhados ao Aterro Sanitário Delta A, situado na região centro oeste do município - Fazenda São Jorge, localizada na Estrada Municipal (Mão Branca) - entre os bairros Ipaussurama e Parque Fazendinha, com zoneamento específico de uso e ocupação do solo. A área está situada na faixa territorial compreendida entre a Rodovia dos Bandeirantes e a Ferroban, entre as coordenadas UTM: (Latitude) 7.465.000 e 7.464.000N; (Longitude) 280.000 e 279.000E.

As diretrizes de uso e ocupação do solo do município preveem ainda uma futura utilização de parte deste complexo por outros sistemas relacionados ao tratamento de resíduos industriais, sistemas de reciclagem e compostagem, conforme Lei Municipal nº 8.243 de Dezembro de 1994. Mais especificamente, o Aterro Sanitário Delta A foi implantado com a seguinte concepção básica:

- compactação e cobertura diária dos resíduos;
- execução de drenagem de líquidos e gases;
- monitoramento geotécnico;
- monitoramento das águas superficiais e subterrâneas;
- drenagem das águas pluviais;
- tratamento de lixiviados;
- emissário de efluente tratado, com extensão de aproximadamente 700 m para o lançamento destes líquidos no Córrego Piçarrão;
- impermeabilização inferior e superior com liner de argila e PEAD 2mm;
- barreira vegetal; e
- controle gravitacional.

Após sucessivos prolongamentos de vida útil do aterro sanitário Delta A, a operação do aterro que era da Prefeitura Municipal passou a ser de responsabilidade do Consórcio TECAM, o qual também passou a desenvolver as atividades de coleta convencional no município.

Até o início de 2014, o aterro era operado durante as 24 horas do dia, dispondo cerca de 1.300 toneladas diárias de resíduos domiciliares, comerciais, resíduos verdes (podas de árvores, folhas e galharias), resíduos de limpeza urbana, além daqueles de serviços de saúde, devidamente tratados em micro-ondas (DLU-PMC, 2012).

Figura 5.15 - Principais pontos de descarte e destinação final de resíduos sólidos em Campinas-SP

FONTE: SEPLAMA, 2007.

Atualmente, o aterro sanitário Delta A encontra-se em fase de encerramento de sua vida útil e por essa razão a Prefeitura Municipal de Campinas abriu licitação para os serviços de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos, até que haja condições suficientes para a viabilização do aterro sanitário Delta B. O projeto do novo aterro também deverá ser implantado no Complexo Delta, na margem oposta do Ribeirão das Cabras, com uma vida útil estimada de 17 anos e encontra-se em fase de aprovação do EIA-RIMA, junto aos órgãos ambientais.

5.1.1.7 Diagnóstico da Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares

A fim de direcionar as medidas para otimizar a coleta seletiva de recicláveis, bem como priorizar a segregação das frações orgânicas, recicláveis e rejeitos; a seguir encontra-se o diagnóstico da situação atual desses resíduos.

5.1.1.7.1 Quantificação e Composição Gravimétrica

As últimas quantificações realizadas indicam que apesar dos valores atuais de materiais recicláveis coletados serem pouco expressivos (2,09%), há um potencial em Campinas na ordem de 35% dos RSD (papel, plásticos, vidros, metais, etc), o que implica em torno de 350 t/dia. A Tabela 5.2 apresenta a composição gravimétrica dos resíduos domiciliares coletados em Campinas-SP.

Tabela 5.2- Composição Gravimétrica dos RSD

Frações	Materiais	
	Tipos	% (em peso)
Matéria Orgânica	Restos de Alimentos	46,80
Matéria Reciclável	Papel/ papelão	34,90
	Plástico	
	Metais e Vidros	
Material Descartável ou Rejeitos	Madeira	18,30
	Tecidos	
	Couro e Borracha	
	Terra, Cerâmica	
	Restos de Jardim	
	Pedra, Louça	

5.1.1.7.2 Acondicionamento

Os materiais recicláveis dos RSD destinados à coleta seletiva são segregados na fonte geradora (residências) da fração orgânica, sendo denominados também como material seco. Em geral, estes são acondicionados em sacos plásticos ou no interior de lixeiras, pela população (Figura 5.16).

Figura 5.16 – Segregação para Coleta Seletiva

FONTE: Autor, 2014

5.1.1.7.3 Coleta, Transporte e Armazenamento

A coleta seletiva atualmente abrange 75% dos bairros da malha urbana de Campinas, do tipo porta a porta, de modo a não coincidir com o serviço de coleta regular. A frequência obedece a distribuição por setores diurnos e noturnos, além da logística locacional dos bairros, a fim de otimizar o transporte.

São coletados todos resíduos com condições de reaproveitamento ou potencial de reciclagem (papéis, metais, vidros, plásticos, etc.) por uma equipe composta por: um motorista, três garis e um caminhão do tipo gaiola. A coleta seletiva abrange setores pré-estabelecidos, recolhendo em torno de 03 toneladas por viagem; o que representa cerca de 20 t/dia.

Além da coleta porta a porta, existe também os Pontos de Entrega Voluntária (PEVs), constituídos por contêineres específicos para cada tipo de resíduo reciclável, os quais ficam instalados em locais estratégicos, de acordo com uma análise prévia ou em atendimento às denúncias de descarte irregular.

Posteriormente, esses materiais recicláveis são encaminhados às Cooperativas e Associações de Catadores cadastradas em Campinas-SP, onde passam por triagem e armazenamento em *bags* para seu beneficiamento e comercialização.

5.1.1.7.4 Tratamento e Disposição Final

Após a triagem e separação dos materiais recicláveis por composição gravimétrica nas Cooperativas e Associações de Catadores, estes são comercializados para o reaproveitamento e/ou reciclagem.

Já os materiais não passíveis de reciclagem que - até o início de 2014 - eram dispostos no aterro sanitário Delta A; com o encerramento de sua vida útil, passaram a ser enviados, provisoriamente, ao aterro sanitário da Estre em Paulínia-SP.

5.1.2 Resíduos de Limpeza Urbana

O Artigo 13 da Lei 12.305/2010 define os resíduos de limpeza urbana como aqueles originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana, de forma que as etapas do seu gerenciamento foram elencadas a seguir: geração, acondicionamento, coleta, transporte, armazenamento, tratamento e disposição final.

5.1.2.1 Geração

A composição física dos resíduos sólidos de limpeza urbana, especificamente da varrição, pode ser verificada nos gráficos da Figura 5.17:

Figura 5.17 - Composição Física dos RLU - resíduos de varrição

FONTE: Adaptado PMC-DLU, 2012

Teoricamente, a composição física dessa classe deveria ser exclusivamente de resíduos sólidos inertes, como areia, terra, folhas, bem como pequenas quantidades de papel. No entanto, a presença de matéria orgânica (21,2% no centro e 10,7% nas vias) e materiais recicláveis (50,5% no centro e 31,1% nas vias) indicam que a política de educação ambiental no município é deficitária, já que estes resíduos deveriam estar contemplados na categoria de resíduos domiciliares (RSD). Por exemplo, na área central, apenas 17% dos resíduos coletados na varrição são característicos dos resíduos sólidos de limpeza urbana (RLU), o restante corresponde a outras classes.

5.1.2.2 Acondicionamento

Todos os resíduos descartados pela população são varridos manualmente e acondicionados em sacos plásticos verdes com capacidade volumétrica de 100 litros (Figura 5.18) e agrupados em locais apropriados para posteriormente, serem coletados e transportados até o aterro sanitário.

Figura 5.18 - Acondicionamento de RLU nos sacos plásticos

FONTE: Autor, 2013

5.1.2.3 Coleta e Transporte

Os serviços de coleta e transporte dos resíduos de limpeza urbana (RLU) são realizados diariamente por veículo incompatível com as características das atividades - um caminhão $\frac{3}{4}$ carroceria de madeira - que percorre toda a área central do município, expondo a carga de resíduos aos fatores da intempérie, além da poluição visual. O serviço de varrição também consiste na limpeza das papeleiras - equipamentos públicos

que deveriam estar disponíveis à população nos locais de grande fluxo de pessoas, como áreas comerciais, pontos de acesso ao transporte coletivo, praças públicas, etc.

O sistema de varrição manual de vias e logradouros públicos (Figura 5.19) está projetado especificamente para ser executado nos seguintes locais: área central expandida; parques e praças públicas; terminais rodoviários; grandes avenidas; eventos culturais e esportivos; áreas comerciais; outros.

O itinerário de varrição manual percorre aproximadamente 450 km/dia nos locais mencionados e sua periodicidade aumenta, de acordo com a necessidade. Assim, em média uma equipe de trabalho consegue atingir uma produção mínima de aproximadamente 1,5 km/dia atuando em toda a calçada, meio fio, guia e sarjeta. Cada equipe é composta de dois varredores, munidos de vassouras, lixeiras, pás, sacos plásticos e EPI's necessários. Quando atingida a capacidade volumétrica máxima de acondicionamento do saco plástico, este é amarrado e disponibilizado para coleta.

Figura 5.19 - Varrição Manual das Vias Públicas

FONTE: Autor, 2013

Ademais, para a execução dos serviços das áreas verdes municipais, foi firmado um contrato específico para resíduos caracterizados por aparas de gramados, folhas, galhos, troncos, provenientes dos serviços de poda e extração de árvores, característicos das atividades de jardinagem. Estima-se que o município possua cerca de 6,33km² de áreas verdes sob intervenção do poder público, o que representa uma taxa de aproximadamente 6m²/hab.

5.1.2.4 Armazenamento

Atualmente, nota-se que os sacos plásticos de resíduos de limpeza urbana (RLU) não apresentam recipientes específicos para o seu armazenamento ao longo das vias

urbanas - ou seja, ficam alocados principalmente, ao lado dos postes de iluminação pública, à espera de sua coleta para destinação final.

5.1.2.5 Tratamento

Atualmente, é realizada a compostagem somente dos resíduos orgânicos gerados no CEASA de Campinas, contudo uma boa alternativa para a maximização da vida útil do aterro sanitário seria a realização do tratamento via compostagem dos resíduos de limpeza urbana (RLU) de todo município.

Salienta-se que o tratamento dessa fração dos RSU - hoje, disposta no Delta A - poderia gerar um composto orgânico estável, passível de ser utilizado como: condicionador de solos nos bosques, parques e praças públicas; manutenção dos plantios do banco de áreas verdes (BAV); etc.

5.1.2.6 Disposição Final

Os resíduos de limpeza urbana após coleta, transporte e armazenamento são encaminhados para disposição final no aterro sanitário Delta A, de Campinas, onde é procedida a trituração dos galhos e troncos maiores.

É notório que ao elencar todas as dificuldades da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos, a vida útil do aterro constitui uma preocupação constante. De modo que tal questão poderia ser amenizada com a compostagem dos resíduos de limpeza urbana, já que reduziria um grande volume de RSU aterrado.

5.1.3 Síntese do Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos

A Tabela 5.3 apresenta uma síntese das informações de diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de Campinas. Ressalta-se que os recicláveis foram destacados por apresentarem sistema de gerenciamento específico, apesar de estarem abrangidos nos resíduos domiciliares.

Tabela 5.3 – Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos

ETAPAS	DOMICILIARES	RECICLÁVEIS*	LIMPEZA URBANA
Geração (t/dia)	1.000	350	300
Segregação	Somente para coleta seletiva de recicláveis – eficiência de 2,09%.	20,9t/ dia – eficiência de 2,09% na coleta	Não há
Acondicionamento	Sacos plásticos, com volume de 100 l; Sacolinhas plásticas “de mercado”	Sacos plásticos, com volume de 100 l; Sacolinhas plásticas “de mercado”	Sacos plásticos verdes, com capacidade de 100l.
Coleta	Abrange 100% da área urbana e 50% da área rural. Do tipo manual, com equipe de limpeza pública (04 coletores e 01 motorista).	Abrange 75% da área urbana. Do tipo manual, com equipe de limpeza pública (03 garis e 01 motorista).	Do tipo manual, com equipe de varrição nas áreas centrais e de grande fluxo.
Transporte	Veículo coletor compactador com capacidade de 15m ³ para cada equipe	Caminhão do tipo “gaiola”.	Caminhão ¾ carroceria aberta, de madeira.
Armazenamento	Pontos de Entrega Voluntária – Ecopontos e Pontos Verdes.	Pontos de Entrega Voluntária – Ecopontos e Pontos Verdes.	Pontos de Entrega Voluntária – Ecopontos e Pontos Verdes.
Tratamento	Não há, com exceção dos 2,09% destinados à coleta seletiva.	Reciclagem	Não há
Disposição Final	Aterro Sanitário	Reciclagem	Aterro Sanitário

* A fração de recicláveis constitui parte dos Resíduos Domiciliares, apenas foi destacada por possuir gerenciamento específico.

FONTE: SVDS/DLU-PMC, 2014.

5.2 PROGNÓSTICOS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, OBJETIVOS E METAS

O inciso II do Artigo 15 da Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei nº 12.305/2010 prevê a proposição de cenários, que incluam tendências internacionais e macroeconômicas. Nesse ínterim, o presente trabalho explorou duas linhas de metodologia na elaboração de cenários, a primeira extrapolativa e a segunda prospectiva, de acordo com os estudos da *Millennium Ecosystem* (M.A, 2005).

É importante ressaltar novamente que devido à falta de informações no banco de dados da gestão pública, que pudessem subsidiar o cálculo das projeções de resíduos de limpeza urbana, estas foram contempladas nas projeções a seguir, incorporadas ao Prognóstico de Resíduos Sólidos Urbanos.

Desta maneira, o prognóstico extrapolativo dos resíduos sólidos urbanos baseou-se nas projeções de geração de RSU e de PIB per capita (R\$/hab.ano), cujo horizonte temporal de vinte anos foi justificado pela vigência dos Planos Municipais de Saneamento. Para o estabelecimento dessas projeções, foram consideradas séries históricas de geração per capita dos resíduos, obtidas junto ao DLU-PMC (2012) e projeções do PIB per capita do CENSO IBGE (2010). Assim, a série histórica (2003-2009) indicou uma tendência de crescimento do PIB (Figura 5.20).

Figura 5.20 - Tendência de Crescimento do PIB per capita em Campinas

Por meio da série histórica (2003-2009) do PIB per capita Municipal da população de Campinas (R\$/hab.ano) e da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU)

per capita (kg/hab/ano), chegou-se a uma correlação, estabelecida pela tendência (Figura 5.21).

Figura 5.21 - Relação PIB x Geração Resíduos Sólidos Domiciliares

Ao se aplicar a regressão linear, o valor estatístico $R^2 = 0,9496$ indica que em 94,96% dos casos, a variável dependente encontra-se descrita pelos regressores presentes no modelo, ou seja, há uma correlação significativa entre a taxa de crescimento do PIB per capita e a geração per capita de resíduos sólidos domiciliares.

A correlação entre esses valores pode ser justificada pelo aumento da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) quando ocorre, por exemplo, uma melhoria do poder aquisitivo da população, já que esta passa a apresentar um padrão de consumo maior.

Além disso, é possível inferir que a tendência é de que haja a redução do teor de matéria orgânica e aumento dos recicláveis, bem como dos rejeitos. Tais tendências podem ser visualizadas também através da Tabela 5.4, a qual apresenta a geração de resíduos sólidos domiciliares de Campinas em 2012, de acordo com as classes sociais (alta, média e baixa).

Tabela 5.4 - Geração de Resíduos Sólidos Domiciliares por Classe Social (2012)

Composição dos RSD	Fração por classe social (%)				
	Alta		Média		Baixa
	A	B	C	D	E
Matéria Orgânica	38,69	36,70	45,78	59,05	55,89
Materiais Recicláveis	34,44	43,84	35,08	30,09	32,07
Rejeitos	25,98	18,53	18,42	10,54	11,72

Fonte: PMC - DLU, 2012

Assim, pela metodologia extrapolativa, o valor anual de PIB per capita seria de R\$ 89.445,80, com uma geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) de 1.252,49 kg/hab.ano para 2033, de acordo com as correlações e equações de regressão linear obtidas das séries históricas (PIB x Geração RSU).

Paralelamente, ao se analisar uma série histórica de projeção populacional do período compreendido entre 2001-2009, observa-se que nos últimos anos, a população do município de Campinas cresceu na ordem de 1,09%/ ano - totalizando no ano de 2033, em 1.385.179 habitantes – os quais gerariam 1.734.922,85t/ano de resíduos sólidos urbanos.

5.2.1 Cenários Prospectivos

Além disso, no intuito de fornecer subsídios para as tomadas de decisão, através das ferramentas de gestão de resíduos sólidos urbanos, foram projetados cenários - segundo a proposta criada pela *Millennium Ecosystem* (MA, 2005), que aborda a metodologia prospectiva de multiplicidade, a qual parte da incerteza do futuro.

Desta forma, foram estudados dois cenários reativos - *Global Orchestration* (GO); *Order from Strength* (OS) e dois cenários proativos - *Adapting Mosaic* (AM); *TechnoGarden* (TG) - a fim de estimar o volume de resíduos sólidos urbanos gerado durante a vigência do Plano Municipal de Saneamento Básico, mais especificamente até 2033, bem como traçar a influência sobre a gestão de resíduos sólidos urbanos, da adoção de medidas proativas e reativas.

Assim como na técnica extrapolativa, as tendências de geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) seguiram: as projeções das séries históricas de RSU e PIB per capita. Com o diferencial de que para cada cenário tendencial prospectivo, foi incorporada a influência decorrente da intervenção de medidas reativas ou proativas sobre o gerenciamento desses resíduos.

Para o ano de 2033, a Tabela 5.5 apresenta uma síntese da relação dos valores de PIB per capita (R\$/hab./ano) e geração RSU per capita (kg/hab./ano), de acordo com as tendências de geração locais e os cenários prospectivos da *Millennium Ecosystem*, os quais serão abordados detalhadamente nos subitens seguintes.

Tabela 5.5 - Cenários de geração de RSU de Campinas

Cenários	PIB (R\$/hab./ano)	RSU (kg/hab./ano)	Composição (%)
Cenário Referência - Atual (2014)	42.785,60	354,45	47,22% F.O. 35,10% F.R. 17,03% R.E.
<i>Global Orchestration</i> (2033)	89.445,80	1252,49	39% F.O. 35% F.R. 26% R.E.
<i>Order from Strength</i> (2033)	89.445,80	1252,49	39% F.O. 35% F.R. 26% R.E.
<i>Adapting Mosaic</i> (2033)	42.785,60	354,45	47% F.O. 40% F.R. 13% R.E.
<i>TechnoGarden</i> (2033)	42785,60	259,15	60% F.O. 28% F.R. 12% R.E.

F.O - Fração Orgânica; F.R. - Fração de Recicláveis; R.E. - Rejeitos

A) Cenário Referência - Atual (2014)

De acordo com o cenário de referência do ano de 2014, o PIB per capita anual é de aproximadamente R\$42.785,60, com uma geração de RSU de 354,45 kg/hab.ano. Já a composição gravimétrica pode ser classificada em: fração orgânica (47,22%); fração reciclável (35,10%) e rejeitos (17,03%), conforme Figura 5.22. Desse total, 97,91% do volume de RSU é encaminhado à disposição final.

Figura 5.22 - Gerenciamento dos RSU 2014

Através da análise de série histórica, pode-se concluir que a tendência do PIB de Campinas é crescente, acompanhada pela geração de resíduos sólidos urbanos. Assim, apesar dos esforços por parte da gestão pública no estabelecimento de objetivos e metas do Plano Municipal de Saneamento Básico, ainda nota-se a necessidade de melhorias na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, a fim de atender as exigências da PNRS (Lei nº 12.305/2010).

B) *Global Orchestration*

O cenário *Global Orchestration* considera a prosperidade econômica, maior equidade social devido à globalização e acesso aos bens e serviços, no entanto a preocupação com o meio ambiente é reativa e pode se tornar bastante onerosa, para acompanhar os avanços globais. Este fator influencia, por exemplo, no aumento do valor das taxas a serem cobradas para coleta/transporte/tratamento/disposição final dos resíduos sólidos.

Devido ao maior acesso aos serviços, circulação de mercadorias, industrialização, etc.; há um acréscimo na geração de RSU, já que há um maior consumo de industrializados. Consequentemente, aumenta-se consideravelmente a quantidade de materiais não biodegradáveis (recicláveis; rejeitos) e reduz-se o teor de matéria orgânica.

Conforme Figura 5.23, considera-se que para o cenário do ano de 2033, haja um aumento do valor de PIB per capita que acompanhará a tendência histórica de crescimento (R\$89.445,80/hab/ano), bem como da geração de RSU (1252,49 kg/hab/ano), de forma que a composição gravimétrica se distribua na seguinte proporção: fração orgânica (39%); fração reciclável (35%); rejeitos (26%).

Em suma, diminui-se a matéria orgânica, permanece estável a fração reciclável, enquanto a quantidade de rejeitos encaminhada ao aterro aumenta, por não haver um Programa de Coleta Seletiva eficiente (apenas 2,09% de materiais recolhidos, assim como o atual sistema) - o que leva a inviabilidade da reciclagem de um grande volume de materiais.

Figura 5.23 – Comparação da Composição Gravimétrica *Global Orchestra*

Devido a esse aumento de demanda de geração, os gestores públicos se vêm obrigados a tomar medidas reativas no gerenciamento de RSU, ou seja, focando no seu tratamento/disposição final, sem a redução na fonte geradora. A Tabela 5.6 e a Figura 5.24 apresentam as características de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos do cenário *Global Orchestra*.

Tabela 5.6- Cenário *Global Orchestra* de RSU

Etapas	RSU (kg/hab/ano)
RSU - Fração Orgânica gerada	488,47
RSU - Fração Reciclável gerada	438,37
RSU - Rejeitos gerados	325,65
Geração RSD Total	1252,49
Coleta Regular	1226,31
Coleta Seletiva Recicláveis	26,18
Tratamento da Fração Orgânica	0
Tratamento de Recicláveis	26,18
Disposição Final da Fração Orgânica	488,47
Disposição Final de Recicláveis	412,19
Disposição Final de Rejeitos	325,65
Disposição Final Total	1226,31

Figura 5.24 – Gerenciamento dos RSU *Global Orchestration* 2033

C) Order from Strength

O cenário *Order from Strength* caracteriza-se pelo protecionismo interno contra as competições internacionais de mercado, crescimento econômico dos países desenvolvidos e emergentes, miséria nos países subdesenvolvidos; ou seja, uma série de mudanças que implicam no aumento da degradação ambiental.

Devido a esse crescimento econômico nos desenvolvidos e emergentes, também há o aumento da geração de RSU, com consequente acréscimo na quantidade de materiais recicláveis e rejeitos descartados, bem como a redução do teor de matéria orgânica.

A principal diferença com o cenário anterior (*Global Orchestration*) está na despreocupação com o meio ambiente, instaurando-se um cenário de degradação ambiental extrema, com elevada geração de RSU, descartes clandestinos, colapsos nos sistemas de gestão e gerenciamento.

Conforme Figura 5.25, considera-se que para o cenário do ano de 2033, haja um aumento do valor anual de PIB per capita (R\$89.445,80), o qual acompanha a tendência histórica de crescimento, bem como da geração de RSU (1252,49 kg/hab.ano), de forma que a composição gravimétrica se distribua da seguinte forma: fração orgânica (39%); fração reciclável (35%); rejeitos (26%).

Figura 5.25 – Comparação da Composição Gravimétrica Order from Strength

No entanto, por se tratar de um cenário de degradação ambiental extrema, não são adotadas medidas de melhoria no gerenciamento de resíduos sólidos, não há coleta seletiva e devido a uma maior demanda de geração, o sistema de coleta/ transporte/ armazenamento/ tratamento/ disposição final tende a se tornar insuficiente. Assim, a Tabela 5.7 e a Figura 5.26 apresentam as características de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos do cenário *Order from Strength*.

Tabela 5.7 - Cenário Order from Strength de RSU

Etapas	RSU (kg/hab/ano)
RSU - Fração Orgânica gerada	488,47
RSU - Fração Reciclável gerada	438,37
RSU - Rejeitos gerados	325,65
Geração RSD Total	1252,49
Coleta Regular	1252,49
Coleta Seletiva Recicláveis	0
Tratamento da Fração Orgânica	0
Tratamento de Recicláveis	0
Disposição Final da Fração Orgânica	488,47
Disposição Final de Recicláveis	438,37
Disposição Final de Rejeitos	325,65
Disposição Final Total	1252,49

Figura 5.26 – Gerenciamento dos RSU *Order from Strength* 2033

D) *Adapting Mosaic*

O cenário *Adapting Mosaic* regional caracteriza-se pela gestão integrada, adaptação às mudanças locais e formação de redes cooperativas, com uma maior enfoque ambiental; no entanto há um desestímulo ao crescimento econômico, já que o comércio divide sua prioridade com o gerenciamento dos diversos recursos.

Devido a uma maior preocupação quanto à gestão integrada dos ecossistemas, o aumento de consumo acaba por ser balanceado pelo menor desperdício; bem como, nota-se na sociedade: um incentivo às práticas sustentáveis, política dos 4Rs (redução, reutilização, recuperação energética, reciclagem), produção mais limpa, etc.

No interior das residências, em consonância com a PNRS, passam a ser adotadas tecnologias locais de tratamento da fração orgânica de resíduos domiciliares através da construção, por exemplo, de leiras de compostagem domiciliares – vinculada à uma política pública de incentivo ambiental ao princípio do protetor-recebedor.

Paralelamente, as Cooperativas e Associações de Catadores passam a ser incorporadas como atores sociais na GIRS, através da coleta, triagem e comercialização dos resíduos recicláveis oriundos do Programa de Coleta Seletiva Municipal - vinculado aos princípios do reconhecimento do valor do resíduo sólido reutilizável e reciclável; do protetor-recebedor e de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

Ademais, o conteúdo mínimo dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos é beneficiado com essa ação, através de metas como a redução,

reutilização, coleta seletiva e reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada. Além das ações supracitadas, passam a ser celebrados também entre o poder público e os setores empresariais - os acordos setoriais, cujos objetivos se fundamentam no (a):

- estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;
- adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;
- redução do volume e periculosidade dos resíduos perigosos;
- incentivo à indústria de reciclagem, de modo a fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;
- articulação entre as esferas do poder público e destas com o setor empresarial, buscando a cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;
- estímulo à implementação da avaliação de ciclo de vida do produto;
- incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial para as melhorias dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético; e
- estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável.

Consequentemente, a partir da aplicação dessas ferramentas de gestão integrada e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, há uma redução dos rejeitos que são encaminhados ao aterro.

Como panorama geral, considera-se que para o cenário do ano de 2033, haja uma estagnação do crescimento econômico, com um PIB per capita em torno de R\$42.785,60 e uma quantidade anual per capita de RSU 354,45 kg, já que o aumento natural de consumo é balanceado pela adoção de práticas sustentáveis.

Conforme a Figura 5.27, a composição gravimétrica dos RSU se altera em: fração orgânica (47%); fração reciclável (40%); rejeitos (13%). De maneira sucinta, a matéria orgânica permanece estável, enquanto a quantidade de recicláveis coletada pela coleta seletiva aumenta e os rejeitos encaminhados ao aterro sanitário diminuem, devido as medidas proativas adotadas.

Figura 5.27 – Comparação da Composição Gravimétrica Adapting Mosaic

A Tabela 5.8 e a Figura 5.28 apresentam as características de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos do cenário *Adapting Mosaic*.

Tabela 5.8 - Cenário Adapting Mosaic de RSU

Etapas	RSU (kg/hab/ano)
RSU - Fração Orgânica gerada	166,59
RSU - Fração Reciclável gerada	124,06
RSU - Rejeitos gerados	63,80
Geração RSD Total	354,45
Coleta Regular	248,11
Coleta Seletiva Recicláveis	106,34
Tratamento da Fração Orgânica	166,59
Tratamento de Recicláveis	106,34
Disposição Final da Fração Orgânica	0
Disposição Final de Recicláveis	17,72
Disposição Final de Rejeitos	63,80
Disposição Final Total	81,52

Figura 5.28 – Gerenciamento dos RSU *Adapting Mosaic 2033*

E) *TechnoGarden*

O cenário *TechnoGarden* globalizado caracteriza-se pela solução dos conflitos entre meio ambiente e economia, uma gestão mais preocupada com a conservação dos recursos naturais e a mudança de hábitos do homem, todavia esse enfoque ambiental acaba por provocar uma estagnação no desenvolvimento de novas tecnologias.

Há uma redução na geração de resíduos sólidos acompanhada de uma alteração em sua composição gravimétrica - uma vez que se aumenta o teor de matéria orgânica, devido ao retorno de hábitos mais naturais da sociedade e consequentemente, reduz-se o volume de recicláveis e rejeitos. Do ponto de vista ambiental - com vistas às exigências e metas da PNRS - é o cenário que mais se aproxima do princípio de desenvolvimento sustentável, já que se prevê o tratamento das frações orgânicas, reutilização dos recicláveis e apenas um volume reduzido de rejeitos é encaminhado para disposição final ambientalmente adequada.

Considera-se que para o cenário do ano de 2033, haja uma estagnação econômica, cujo PIB per capita girará em torno de R\$42.785,60 e haverá uma redução de RSU gerada 259,15 kg/hab.ano, já que o homem retorna a seus hábitos naturais e não desenvolve tantas tecnologias.

Desta forma, conforme Figura 5.29, a composição gravimétrica se estabelece em: fração orgânica (60%), fração reciclável (28%) e rejeitos (12%). Uma vez que há

um incentivo ao consumo de alimentos naturais e às práticas voltadas para interação do homem e o meio. Consequentemente, é reduzido o consumo de produtos industrializados - ou seja, há uma menor geração de resíduos recicláveis - e a quantidade de rejeitos dispostos no aterro também se reduz.

Figura 5.29 – Comparação da Composição Gravimétrica *TechnoGarden*

Por conseguinte, a Tabela 5.9 e a Figura 5.30 apresentam as características de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos do cenário *TechnoGarden*.

Tabela 5.9 - Cenário *TechnoGarden* de RSU

Etapas	RSU (kg/hab/ano)
RSU - Fração Orgânica gerada	155,49
RSU - Fração Reciclável gerada	72,56
RSU - Rejeitos gerados	31,10
Geração RSD Total	259,15
Coleta Regular	186,59
Coleta Seletiva Recicláveis	72,56
Tratamento da Fração Orgânica	155,49
Tratamento de Recicláveis	72,56
Disposição Final da Fração Orgânica	0
Disposição Final de Recicláveis	0
Disposição Final de Rejeitos	31,10
Disposição Final Total	31,10

Figura 5.30 – Gerenciamento dos RSU *TechnoGarden* 2033

5.2.2 Análise de Efetividade das Ferramentas de GIRS – Cenários

A elaboração de cenários múltiplos mostra-se cada vez mais essencial como ferramenta de auxílio na tomada de decisão dos setores de planejamento, uma vez que parte do princípio da incerteza do futuro e permite avaliar situações, através de diferentes condicionantes de entrada e saída.

No caso da gestão de resíduos sólidos urbanos, essa ferramenta possibilita além de estimar a tendência de geração para um horizonte de 20 anos, considerar qual a demanda necessária a atender, atrelada a um aumento ou a estagnação do Produto Interno Bruto (PIB).

Adicionalmente, outro benefício promovido pela projeção de cenários múltiplos consiste em traçar a tendência do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, através da resposta à adoção de medidas reativas ou proativas. Na prática, os cenários refletem qual demanda será atendida, caso sejam atingidos alguns Objetivos e Metas, como:

- adoção de um programa de coleta seletiva eficiente;
- conscientização ambiental para a não geração;
- aplicação da política dos 4R's;
- incentivo e fomento às Cooperativas;
- estímulo às práticas de compostagem da fração orgânica, etc.

A Figura 5.31 mostra um comparativo entre as projeções de composição gravimétrica para cada cenário prospectivo em estudo. Enquanto, a Figura 5.32 apresenta a comparação entres os cenários projetados, referente à geração de resíduos sólidos urbanos e suas respectivas disposições finais.

Figura 5.31 – Comparação da Composição Gravimétrica entre os Cenários

Figura 5.32 - Comparação da Gestão de RSU para os cenários

Nos cenários em que são adotadas políticas reativas - *Global Orchestration* e *Order from Strength* - apesar de serem notadas algumas diferenças quanto à situação do gerenciamento de resíduos sólidos, como no caso da presença ou não de Coleta Seletiva; os valores estimados de geração de RSU aumentaram consideravelmente até o ano de 2033 e devido às políticas priorizadas, não há um(a) gestão/gerenciamento

adequado(a) dos resíduos sólidos urbanos, o que resulta na disposição final em aterro sanitário de praticamente todo volume gerado.

O cenário *Adapting Mosaic* apesar de ter apresentado uma estagnação na geração de RSU e a adoção de práticas proativas (otimização da coleta seletiva, apoio às Cooperativas e Associações de Catadores, compostagem, etc.), não consegue coletar/tratar toda demanda de resíduos recicláveis, evitando com que seja totalmente descartado no aterro sanitário.

Por fim, o cenário *TechnoGarden* em termos de geração de RSU, foi o único que conseguiu uma redução per capita e tem a possibilidade de atender a exigência da Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei nº 12.305/2010 de destinar apenas os rejeitos no aterro sanitário.

A importância da construção de diversos cenários prospectivos consiste em, além de partir do princípio da incerteza do futuro, permitir com que sejam visualizadas diferentes respostas, condicionadas pelas políticas públicas adotadas. De modo que, a abordagem dessas questões ressalta a influência que a aplicação de ferramentas para a gestão adequada de RSU exerce sobre o gerenciamento como um todo, desde a geração até a disposição final.

5.2.3 Objetivos e Metas

Diante do que foi exposto no Diagnóstico e nos Prognósticos de cenários múltiplos, torna-se possível verificar quais demandas necessitam de ações imediatas, de curto, médio ou longo prazo para que se aperfeiçoe a implantação do Plano Municipal de Saneamento Básico de Campinas-SP.

Ademais, os Prognósticos revelaram uma tendência da geração de resíduos sólidos urbanos ao longo da vigência do PMSB, bem como a influência da adoção ou não das medidas mitigadoras de impactos ambientais, ao destacar quais etapas de gestão e gerenciamento necessitam de uma maior urgência nas intervenções. Deste modo, dando prosseguimento ao estudo de caso de Campinas-SP, são sugeridos alguns Objetivos e Metas a serem atendidos pelos Programas e Ações, com o intuito de beneficiar o Plano Municipal de Saneamento Básico, já instituído pelo Decreto Municipal nº 18.199/2013, entre eles:

- Implantar um Programa de Comunicação Social, cuja abrangência atinja todas as classes sociais e utilize linguagem simples, de fácil entendimento, a fim de dar

notoriedade as Ações que serão sugeridas e incentivar a adesão dos cidadãos às boas práticas ambientais;

- Implantar um Programa de Educação Ambiental efetivo e permanente, no intuito de conscientizar a população sobre a importância da coleta seletiva, os benefícios advindos de uma cultura do não desperdício, bem como despertar o senso de responsabilidade ambiental em cada cidadão;
- Otimizar a Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Domiciliares, visando aumentar a quantidade de recicláveis reaproveitada – frente ao percentual atual de 2,09%, enquanto há um potencial de geração estimado em 35%;
- Implantar a compostagem dos resíduos de limpeza urbana (RLU) de Campinas-SP, gerando um composto estável com finalidade paisagística, de modo a reduzir também o volume de resíduos encaminhados à disposição final;
- Analisar a viabilidade do tratamento do lixiviado gerado no Aterro Delta A em conjunto com o esgoto sanitário em reatores UASB, já que tal resíduo dos serviços públicos de saneamento básico não recebe nenhuma forma de tratamento atualmente;
- Propor a instalação de dispositivos de controle de poluição difusa originada dos resíduos sólidos urbanos, nos dispositivos de microdrenagem.

Além disso, as metas vinculadas à implantação dos respectivos programas encontram-se elencadas na Tabela 5.10, distinguidas em: imediato (2014), curto (2015 a 2018), médio (2019 a 2022) e longo prazo (2023 a 2033). Enquanto os Programas propostos serão descritos detalhadamente em item posterior.

Tabela 5.10 - Objetivos e Metas para os Programas e Ações

Programas	Objetivos/Ações	Metas*
Programa de Educação Ambiental (PEA)	Apresentar a PNRS - Lei 12.305/2010	Imediato
	Despertar senso de responsabilidade ambiental	Imediato
	Reduzir geração de RSD nas residências	Imediato
	Segregar RSD na fonte	Imediato
	Incentivar compostagem nas residências	Curto prazo
	Incentivar participação popular no GIRS	Curto prazo
	Incentivar o não desperdício e a política dos 4R's	Imediato
	Reduzir consumo de papel e política dos 4R's	Imediato
	Reduzir consumo de energia elétrica e água	Imediato
	Incentivar atividades artísticas nas escolas com materiais descartáveis	Imediato
Programa de Comunicação Social (PCS)	Divulgar a realização de atividades do PEA para população geral	Imediato
	Divulgar atividades culturais do PEA voltadas aos estudantes	Imediato
Programa de Otimização da Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (POCS)	Apoiar o Programa de Educação Ambiental	Imediato
	Apoiar o Programa de Comunicação Social	Imediato
	Dar manutenção e instalar novos PEV's	Curto prazo
	Atualizar e cadastrar novas Cooperativas e Associação de Catadores	Curto prazo
	Ampliar coleta seletiva para 100% de abrangência da área urbana	Médio prazo
	Ampliar coleta seletiva para áreas rurais	Médio prazo
	Criar Central de Triagem de Resíduos Sólidos Recicláveis no Complexo Delta (CTRR)	Longo prazo
Programa de Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana (PCRLU)	Dimensionar leiras de compostagem de RLU em escala piloto	Imediato
	Analisar a possibilidade de mistura do RLU com fração orgânica de RSD	Imediato
	Construir leiras de compostagem de RLU e RSD	Curto prazo
	Operar e Monitorar leiras de compostagem	Curto prazo
	Aplicar composto orgânico gerado das leiras	Curto prazo
Programa de Tratamento de Lixivados de Aterro Sanitário em reatores UASB, Campinas-SP (PTL)	Fornecer condições operacionais para o tratamento conjunto de lixiviados/esgoto	Imediato
	Estimar proporção de lixiviado/esgoto sanitário para ser tratado na ETE	Curto prazo
	Avaliar possibilidade de aumentar a proporção de lixiviado adicionada	Médio prazo
	Avaliar o tratamento conjunto de lixiviado/esgoto sanitário em outras ETES	Longo prazo

Tabela 5.10 - Objetivos e Metas para os Projetos, Ações e Programas (continuação)

Programas	Objetivos/Ações	Metas*
Programa de Controle de Poluição Difusa Originada dos Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem (PCPD)	Recalcular/dimensionar as obras de microdrenagem	Imediato
	Mapear os pontos de descarte de RSU x problemas de drenagem	Imediato
	Levantar a necessidade de dispositivos de controle de poluição difusa	Imediato
	Instalar os dispositivos de controle de poluição difusa	Curto prazo
	Monitorar os sistemas de drenagem urbana	Curto prazo

De posse das informações das reais necessidades de aprimoramento na gestão, torna-se possível construir um Índice de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos, que evidencie tanto a situação atual quanto a sua capacidade de refletir a realidade após a implementação contínua dos Programas e Ações, ao traçar a evolução na prestação de serviços, durante a vigência do PMSB.

5.3 ÍNDICE DE GESTÃO E GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Como supracitado, a partir dos dados levantados durante as fases anteriores, torna-se possível propor um **Índice de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (IGRSU)**, a fim de analisar a efetividade dos serviços prestados na área, ao longo da vigência do Plano Municipal de Saneamento Básico, com respectivo cálculo e comparação dos dados apresentados a cada atualização de relatório de quatro (04) anos.

Ressalta-se que os demais resíduos sólidos contemplados no Art. 13 da PNRS, que não são de responsabilidade do serviço público - ou seja, ficam a cargo do gerador - não foram incorporados no cálculo do IGRSU por atualmente, não haver informações quantitativas sobre o seu gerenciamento. No entanto, a inclusão desses dados futuros em um indicador é fundamental para a construção de um panorama da situação dos resíduos sólidos no município e consequente, planejamento das ações.

Desta forma, o IGRSU - composto de informações dos resíduos sólidos - pode ser uma ferramenta bastante útil nos Planos Municipais de Saneamento Básico, uma vez que apresenta um panorama dos serviços de saneamento prestado, evidencia necessidades de otimização, bem como hierarquiza setores populacionais que devem ser priorizados. Além disso, o indicador pode ser empregado a cada atualização de quatro (04) anos de relatórios do PMSB - previstos pela Lei 11.445/2007 - e nortear as tomadas de decisão dos gestores públicos.

Assim, a Tabela 5.11 apresenta a simulação das variáveis e termos associados ao cálculo do Indicador de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (IGRSU) para o ano referência de 2014.

Tabela 5.11 - Determinação das Variáveis do I_{GRSU} de Campinas-SP

Variáveis para Cálculo do I_{GRSU} (unidades)	Valor Medido	Valor Atribuído
Total dos domicílios urbanos atendidos por coleta de RSD (%)	100	-
Total dos domicílios urbanos do município (%)	100	-
Total dos domicílios rurais atendidos por coleta de RSD (%)	50	-
Total dos domicílios rurais do domicílio (%)	100	-
I_{CR}	-	9,90
I_{QR} - Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (CETESB)	9,8	10,00
Tempo de saturação da vida útil do aterro (anos)	1	-
I_{SR}	-	0,5
Domicílios urbanos com coleta seletiva/ total de domicílios (%)	75,00	-
Domicílios rurais com coleta seletiva/ total de domicílios (%)	0	-
I_{CS}	-	7,35
População Atendida pelos PEVs (%)	21,82	-
População Total (%)	100	-
I_{PEV}	-	2,18
RSD recicláveis reaproveitados/ total de RSD gerado (%)	2,09	-
RSD orgânico reaproveitado/ total de RSD gerado (%)	0,00	-
I_{RRSD}	-	0,25
km de varrição/ total das vias urbanas pavimentadas (%)	10,05	-
I_{VM}	-	1,00
RLU reaproveitados/ total de RLU gerado (%)	0	-
I_{RRLU}	-	0

A seguir, pode-se visualizar o detalhamento de cálculos aplicados ao estudo de caso de Campinas sobre o Indicador de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (I_{GRSU}), por meio das equações 4.3 à 4.14 apresentadas no item metodológico.

Indicador de Coleta Regular

$$I_{Cr} = \frac{10 \times [(0,98 \times \%Duc) + (0,02 \times \%Drc)]}{\%Dt} = \frac{10 \times [(0,98 \times 100) + (0,02 \times \%50)]}{100} = 9,90$$

I_{QR} – Indicador de Tratamento e Disposição Final de RSU

De acordo com a avaliação do IQR Nova Proposta divulgado pela CETESB (2013), a nota do tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos de Campinas foi de 9,80 – a qual classifica o município como em condições adequadas de operação e resulta numa pontuação do presente indicador em 10,0.

I_{SR} – Indicador de Saturação da Disposição Final de RSD

$$ISR = \frac{10 \times n}{n_{max}} = \frac{10 \times 1}{20} = 0,5$$

I_{CS}- Indicador do Serviço de Coleta Seletiva

$$I_{CS} = 10x[0,98x\left(\frac{\%csu\ atual}{\%csu\ max}\right) + 0,02x\left(\frac{\%csr\ atual}{\%csr\ max}\right)] = 10x[0,98x\left(\frac{75}{100}\right) + 0,02x\left(\frac{0}{100}\right)] = 7,35$$

I_{PEV}- Indicador de Pontos de Entrega Voluntária

$$I_{pev} = 10 \times \frac{P_{pev}}{P_t} = 10 \times \frac{21,82}{100} = 2,18$$

I_{RRSD} - Indicador do Reaproveitamento dos RSD

$$I_{rrsd} = 10 \times \left[\left(0,43 \times \frac{\%rr\ atual}{\%rrmax} \right) + \left(0,57 \times \frac{\%rc\ atual}{\%rcmax} \right) \right] = 10 \times \left[0,43 \times \left(\frac{2,09}{35} \right) + 0,57 \times \left(\frac{0}{48} \right) \right] = 0,25$$

I_{VM} - Indicador do Serviço de Varrição das Vias

$$I_{vm} = 10 \times \frac{\%vm\ atual}{\%vm\ max} = 10 \times \frac{10,05}{100} = 1,00$$

I_{RRLU} - Indicador de Reaproveitamento de Resíduos de Limpeza Urbana

$$Irrlu = 10 \times \frac{\%rrlu \text{ atual}}{\%rrlumax} = 10 \times \frac{0}{100} = 0$$

Ressalta-se que o Indicador de Densidade de Resíduos Sólidos Urbanos na Drenagem (I_{PCPD}) não será ponderado para o período atual (2014) no cálculo do Indicador de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (I_{GRSU}), pois apesar de haver o registro diário pluviométrico – o qual totaliza 249 dias sem chuva no ano de 2013, constante no ANEXO F (CEPAGRI, 2014) - não há uma quantificação diária de geração dos resíduos sólidos urbanos, a qual diferencie o período chuvoso do seco, para estimar a Densidade de RSU na Drenagem.

Portanto, torna-se ideal que durante a vigência do Plano Municipal de Saneamento Básico - aprovado pelo Decreto nº 18.199/2013 – seja realizado essa estimativa diária pelo prestador de serviço, a fim de alimentar um banco de dados e permitir o monitoramento contínuo do Programa.

Ademais, a exigência de alimentação desse banco de dados para o cálculo de indicadores é prevista pelo Art.10 da Lei nº 7.347/1985, o qual trata da recusa, do retardamento e da omissão de dados técnicos a serem fornecidos ao Ministério Público e endossada pela Lei nº 12.305/2010, a qual caracteriza como crime, a desinformação ou a informação incompleta e atrasada.

Deste modo, o cálculo do Índice de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (I_{GRSU}) para Campinas com ano base 2014, resultou em 5,39 – o qual se enquadra como **MÉDIA SALUBRIDADE** na classificação de Batista e Silva (2006). Esse valor encontra-se bastante próximo ao Indicador de Resíduos Sólidos (I_{RS}) do PMSB de Campinas, que foi de 5,93; bem como do Índice de Desempenho Ambiental (IDA), regulamentado pela Lei Municipal nº 12.585/2006, que em 2008 se estabeleceu em 5,8.

Por outro lado, bastante distante do valor do “IQR Nova Proposta” da CETESB (2013), que registrou a nota de 9,8 - o qual se enquadra como forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos com condição adequada. Assim como do Índice de Gestão de Resíduos (IGR) adotado pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente de São Paulo, que estabeleceu uma nota de 7,3 para Campinas, em 2012 – considerada mediana. Um quadro síntese e um gráfico dos valores calculados e classificações adotadas para os

indicadores de resíduos sólidos de Campinas podem ser visualizados no Quadro 5.1 e na Figura 5.33.

Quadro 5.1 – Valores dos Indicadores de Resíduos Sólidos para Campinas

Indicador de Resíduos Sólidos	Valor	Classificação*	Critério
I _{GRSU} (2014)	5,39	Média Salubridade	$5,1 < n < 7,5^{(1)}$
I _{rs} (2013)	5,93	Regular	$50,1 < n < 75,0^{(2)}$
I _{DA} (2008)	5,80	Aprovado	$n > 5,0^{(3)}$
I _{GR} (2012)	7,30	Mediana	$6 < n < 8,0^{(4)}$
I _{QR} Nova Proposta (2011)	9,80	Adequada	$n > 7,0^{(5)}$

Crítérios: Adaptado de Batista e Silva (2006) ⁽¹⁾ ⁽²⁾; Lei Municipal nº 12.585/2006 ⁽³⁾; PMSB de Campinas (SVDS, 2013) ⁽⁴⁾; CPLA (2012); CETESB (2013) ⁽⁵⁾

Figura 5.33 – Comparação dos Indicadores de Resíduos Sólidos de Campinas

Não obstante, é importante destacar que poderia ser incluso futuramente, um Indicador de Densidade Demográfica (I_{DD}) - a fim de permitir a hierarquização e consequente, priorização das áreas que necessitam de melhorias na prestação de serviços de resíduos sólidos, ao acrescentar também um critério de população afetada.

De maneira sucinta, essa priorização ocorre através da contabilização da população total atendida por cada área de estudo, ou seja, as áreas que apresentarem valores baixos ou simplesmente inferiores ao I_{GRSU} global do município estarão destacadas nas prioridades de intervenção.

Complementarmente, para efeitos de análise de efetividade futura, o indicador servirá como um “termômetro” para avaliação das ações e o monitoramento contínuo das metas, através dos Programas propostos no estudo de caso de Campinas-SP, conforme detalhamento que segue.

5.3.1 Programas e Ações

Como supracitado, o delineamento em nível de projeto dos Programas e Ações do estudo de caso de Campinas-SP tornou-se fundamental para a presente Tese, ao passo que testa a efetividade em refletir a realidade do Índice de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (IGRSU), caso as medidas propostas sejam adotadas. Portanto, a seguir serão detalhadas as Ações referentes aos Programas propostos, de acordo com os Objetivos e Metas, do item 5.2.3. Já o conteúdo na íntegra dos Programas pode ser visualizado nos APÊNDICES:

- Programa de Educação Ambiental (PEA) e Comunicação Social (PCS) – APÊNDICE A;
- Programa de Otimização da Coleta Seletiva dos Resíduos Domiciliares (POCS) – APÊNDICE B;
- Programa de Compostagem dos Resíduos de Limpeza Urbana (PCRLU) – APÊNDICE C;
- Programa de Tratamento de Lixiviados do Aterro Sanitário Delta A em Reatores UASB, Campinas-SP (PTL) – APÊNDICE D;
- Programa de Controle de Poluição Difusa Originada dos Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem (PCPD) – APÊNDICE E.

Na esfera municipal, as ações - que necessitam de recursos geridos por essa entidade – devem ser previstas durante o ano em exercício e passar pela aprovação da Lei Orçamentária do ano seguinte. Enquanto, na esfera estadual, o Governo do Estado de São Paulo disponibiliza outras opções, como:

- Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), ligado à Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos, o qual financia projetos, segundo as prioridades estabelecidas no Plano Estadual de Recursos Hídricos - que fornece as diretrizes, objetivos e metas para realização de programas de proteção, recuperação, controle e conservação de recursos hídricos (SÃO PAULO, 2015);

- Fundo Estadual de Prevenção e Controle da Poluição (FECOP), ligado à Secretaria do Meio Ambiente (SMA), criado com o objetivo de financiar, apoiar e incentivar a prevenção e o controle da poluição dentro do Estado, através da Lei Estadual nº 11.160/2002 e Decreto nº 46.482/2002. Ressalta-se que além do vínculo com a SMA, tal fundo tem a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) como agente técnico e o Banco Nossa Caixa como agente financeiro. De acordo com o Art. 10 da Lei supracitada, as aplicações do FECOP a fundo perdido deverão atender, em especial, à: implantação de projetos de aterros sanitários; reciclagem de resíduos sólidos domiciliares e de limpeza pública urbana; aquisição de máquinas, equipamentos e veículos para coleta, tratamento e disposição adequada de resíduos domiciliares e de limpeza pública urbana; entre outros (SÃO PAULO, 2012);

- Agência das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba Capivari e Jundiaí (Agência das Bacias PCJ), responsável pelo gerenciamento dos recursos arrecadados, os quais são aplicados de acordo com as deliberações dos Comitês das Bacias PCJ. Assim, os municípios podem buscar recursos financeiros no Comitê, para ações que envolvam o saneamento básico nas bacias hidrográficas (AGÊNCIA PCJ, 2012).

Conforme BRASIL (2014), para o acesso àqueles recursos financeiros administrados pela União, Estado ou outros órgãos de fomento, há necessidade da elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) até o exercício financeiro de 2014, conforme regulamentação pelo Decreto Federal nº 7.217/2010. Sendo as possíveis fontes:

- Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), o qual garante o investimento no planejamento e execução de grandes obras de infraestrutura urbana;

- Orçamento Geral da União (OGU), o qual está vinculado ao Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), sob coordenação do Ministério das Cidades – por meio da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – em parceria com o Ministério da Integração Nacional;

- Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, órgão executivo ligado ao Ministério da Saúde, o qual fomenta o desenvolvimento de ações de educação ambiental, tem forte atuação no saneamento rural e na implementação de projetos em parceria com as Cooperativas e Associações de Catadores;

- O Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), o qual oferece linhas de financiamento para projetos de implantação, expansão e modernização

de empreendimentos voltados para o saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos.

Além disso, como alternativa ao financiamento das ações, o município pode lançar mão aos fundos derivados de operações de crédito, os quais podem complementar as transferências obrigatórias para a execução das ações do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), garantidos pela Lei nº 11.578/2007. Nesse sentido, o financiamento gerido pelo Ministério das Cidades – destinado ao Programa Saneamento para Todos, pode ser vinculado à existência do Plano Municipal de Saneamento Básico de Campinas, instituído pelo Decreto Municipal nº 18.199/2013, o qual lhe atribui prioridade na concessão de tal benefício, para ações voltadas, por exemplo, ao descarte irregular de resíduos sólidos (BRASIL, 2014).

5.3.1.1 Programa de Educação Ambiental (PEA) e Comunicação Social (PCS)

Os Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social serão discutidos em conjunto, por apresentarem alta interação no desenvolvimento de suas atividades.

Desta forma, as principais estratégias de ações propostas para os Programas de Educação Ambiental (PEA) e Comunicação Social encontram-se descritas a seguir.

A) Programa de Educação Ambiental (PEA)

Baseadas nos critérios de Sensibilização, Compreensão, Responsabilidade, Competência e Cidadania Ambientais, foram desenvolvidas algumas atividades educativas a serem praticadas - totalizando uma carga horária de trinta (30) horas - com cada um dos grupos (estudantes, professores, trabalhadores e aposentados). Estas serão executadas para públicos de - no máximo, cinquenta (50) pessoas - e repetidas de acordo com o número de participantes ou as necessidades observadas em cada grupo, conforme dinâmica do Quadro 5.2.

As atividades direcionadas aos estudantes e professores poderão ocorrer no próprio ambiente da escola; enquanto que para os trabalhadores, aposentados e a população em geral, podem ser levadas aos centros de integração comunitária, salões, igrejas, etc. Estas atividades deverão ser desenvolvidas por uma equipe multidisciplinar de educadores ambientais e técnicos da área, para a execução das palestras e oficinas.

Todos os conhecimentos obtidos nas atividades de capacitação dos professores do ensino público deverão ser retransmitidos aos alunos, por meio de aulas de conscientização ambiental, palestras, oficinas, bem como material didático, previamente fornecido durante os cursos de capacitação.

Quadro 5.2 - Atividades para população em geral

Atividade	Situação-problema	Objetivo	Estratégia	Avaliação	Duração
1	Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - Lei nº 12.305/2010	Explicitar o conteúdo, objetivos e exigências da PNRS	Palestra sobre a Lei nº 12.305/2010, bem como todas as mudanças na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos após sua criação	Grupos de Discussão	2 horas
2	Responsabilidade Ambiental	Despertar o senso de responsabilidade ambiental de cada cidadão	Palestra sobre conscientização ambiental e o papel de cada cidadão nesse íterim.	Dinâmica em grupos e Discussão	2 horas
3	Geração de RSU	Reduzir a geração de resíduos sólidos urbanos nas residências	Palestra sobre gerenciamento de RSU, desde a geração até a disposição final, com enfoque ao não desperdício	Questionários de avaliação de conhecimentos	2 horas
4	Coleta Seletiva de Recicláveis	Incentivar a segregação de RSD dentro das residências	Palestra sobre os benefícios econômicos e ambientais da coleta seletiva, bem como a política dos 4R's Oficina de montagem de materiais com uso de resíduos recicláveis	Dinâmica de avaliação	4 horas
5	Tratamento de Resíduos	Incentivar iniciativas pontuais, como a construção de leiras de compostagem nos quintais das residências	Elaboração de cartilhas e palestras para esclarecimento de dúvidas e explicitação dos benefícios. Oficina de construção e operação de leiras de compostagem de RSD	Questionários de avaliação de conhecimentos	4 horas
6	Disposição Final de Resíduos	Incentivar à população a participar de todo processo de gerenciamento de RSD, começando no interior de suas residências.	Palestra sobre a importância da participação social no processo de gerenciamento de RSD Visita técnica ao aterro sanitário	Questionário de avaliação de conhecimentos	4 horas

Quadro 5.2 - Atividades de capacitação para os professores do ensino público

Atividade	Situação-problema	Objetivo	Estratégia	Avaliação	Duração
7	Consumismo, Desperdício e Geração de RSU	Incentivar a cultura do não desperdício e da política dos 4R's	Apresentação de cartilhas e material didático sobre como melhorar o gerenciamento de RSU (não geração, política dos 4R's)	Questionário de avaliação de conhecimentos	3 horas
			Oficina com exemplos de alternativas sustentáveis às práticas consumistas e ao desperdício.		
8	Consumo elevado de papel	Reduzir o consumo e reciclar o papel utilizado na escola; Utilizar a impressão frente/verso e imprimir somente o necessário; Confeccionar materiais artísticos com papel reciclado.	Apresentação de uma oficina de reciclagem, mostrando todas as etapas da reciclagem do papel Apresentação de uma oficina de arte com papel reciclado	Registro fotográfico e documental das atividades realizadas	3 horas
9	Consumo elevado de água e energia elétrica	Reduzir o consumo de energia elétrica; Reduzir o consumo de água e reaproveitar água no uso doméstico e escolar.	Apresentação do material didático elaborado e orientações para a utilização do material Apresentação de projeto interdisciplinar sobre redução do consumo de água na escola	Os professores avaliarão o material didático elaborado e o projeto apresentado por meio de um questionário	3 horas
10	Consumo e descarte de embalagens e materiais descartáveis	Diminuir a geração de resíduos e reaproveitar materiais para a confecção de brinquedos e obras artísticas	Apresentação de oficina de sucata, abordando a utilização de diferentes materiais na confecção de jogos e brinquedos educativos.	Registro fotográfico e documental das atividades realizadas	3 horas

Para este fim, serão confeccionados cartilhas e materiais didáticos (Figura 5.34) sobre consumo sustentável, coleta seletiva de resíduos domiciliares, dicas de construção de leiras de compostagem da fração orgânica dos RSD, os quais serão distribuídos para alunos do Ensino Fundamental nas escolas de Campinas-SP. Para os alunos de Ensino Médio, além dos materiais didáticos, é fundamental que sejam desenvolvidas atividades práticas, como as oficinas de construção e operação de leiras de compostagem e de reaproveitamento de resíduos recicláveis.

Figura 5.34- Exemplo de Cartilha de Coleta Seletiva

FONTE: UNIGENTE, 2013

Vale lembrar que algumas ações já vêm sendo desenvolvidas pelas redes de ensino do município (Figura 5.35), como as aulas de conscientização ambiental nas praças públicas - que promovem a aproximação do estudante com o meio ambiente. No entanto, essas práticas devem se tornar cada vez mais corriqueiras, tanto nas escolas públicas quanto privadas, a fim de despertar nos jovens os sentidos de: compreensão, sensibilização, responsabilidade, competência e cidadania ambiental.

Figura 5.35 - Aula de Educação Ambiental na Praça Carlos Gomes

FONTE: Autor, 2013

A Tabela 5.12 destaca algumas escolas municipais com potencial para o desenvolvimento de programas de educação ambiental, seja pela existência de corpo docente, ou iniciativas em parceria com órgãos como a CATI ou a Prefeitura Municipal.

Tabela 5.12 – Escolas Municipais para Programas de Educação Ambiental

ESCOLA	BAIRRO	REFERÊNCIA
EMEF/EJA RAUL PILA	JARDIM FLAMBOYANT	NAED LESTE
EMEF/EJA ANGELA CURY ZAKIA	NOVA SOUSAS	NAED LESTE
CEMEI CORUJINHA	JD ESPLANADA	NAED SUDOESTE
EMEF/EJA PROFA ODILA MAIA ROCHA BRITO	JD SAO DOMINGOS	NAED SUL
EMEF/EJA MARIA PAVANATTI FAVARO	JD SAO CRISTOVAO	NAED SUDOESTE
CEI NAVE MÃE LEONEL BRIZOLA	JARDIM MARISA	NAED SUL
CEI NAVE MÃE MAYARA MASSON CHRISTOFOLETTI	JARDIM DO LAGO II	NAED SUL
CEMEI HAYDEE MARIA PUPO NOVAES	PQ UNIVERSITARIO	NAED SUDOESTE
CEMEI MARIA JOSÉ GONÇALVES	JD AERONAVE	NAED SUDOESTE
EMEI CASINHA FELIZ	JD ESMERALDINA	NAED SUL
EMEI ESTRELINHA	DIC VI	NAED SUDOESTE
CEMEI IRMA JOANA KALLAJIAN	VL PE ANCHIETA	NAED NORTE
CEMEI MARILENE CABRAL	DIC I	NAED SUDOESTE
CEMEI NAIR VALENTE DA CUNHA	JD SANTA LUCIA I	NAED SUDOESTE
EMEI CON MANOEL GARCIA	BONFIM	NAED NORTE
EMEF/EJA JOÃO ALVES DOS SANTOS	BOA VISTA	NAED NORTE
CEMEI PROF ZEFERINO VAZ CAIC	VL UNIÃO	NAED SUDOESTE
EEI PADRE FRANCISCO SILVA	VILA CASTELO BRANCO	NAED NOROESTE
EMEF PE AVELINO CANAZZA	VL FORMOSA	NAED SUL
EMEF/EJA PROFA CLOTILDE BARRAQUET VON ZUBEN	JD FLORENCE II	NAED NOROESTE
EMEF PROF VICENTE RAO	PQ INDUSTRIAL	NAED SUL
EMEF/EJA PROFA DULCE BENTO NASCIMENTO	GUARA	NAED NORTE
EJA PIERRE BONHOMME, CEMEFEJA	VL INDUSTRIAL	NAED SUL
EMEI PROFª LUCIANE RIBEIRO VILELA	JD CAMPO BELLO	NAED SUL
CEMEI PEZINHOS DESCALCOS	JD CARLOS LOURENÇO	NAED SUL

Ao se analisar a Tabela 5.12, não por acaso, a maioria das escolas encontra-se concentrada nas regiões Sul e Sudoeste e essa tendência se justifica por essas áreas também concentrarem a maior parcela da população - aproximadamente 54%, o que representa cerca de 589.093 habitantes.

Há também outras iniciativas que merecem ser destacadas, como os cursos de reciclagem oferecidos pelo Instituto Campineiro dos Cegos Trabalhadores (ICCT – Figura 5.36), nos quais os deficientes visuais são incentivados a desenvolver suas habilidades com os resíduos recicláveis. Desde seu início, o projeto já gerou mais de

100 peças com materiais reaproveitáveis. Ações como estas contribuem para despertar na sociedade, principalmente, os sentidos de competência e cidadania ambiental.

Figura 5.36 – Projeto de Reciclagem do ICCT

Outro fato que mereceu destaque no ano de 2013 - na interface entre conscientização ambiental e demais setores - foi o Sistema de Rodovias Anhanguera-Bandeirantes que coletou 271 toneladas de resíduos sólidos não recicláveis de suas vias e 341 toneladas de recicláveis, os quais foram doados a uma Cooperativa de Reciclagem de Jundiaí, de acordo com a concessionária *AutoBan*, que administra as vias de 322 quilômetros de extensão. Tal levantamento vinculou a ocorrência de acidentes ao descarte irregular de resíduos sólidos pelos transeuntes, contabilizando um total de 2.000 toneladas para o ano, nas rodovias que cortam a Região Metropolitana de Campinas.

Além das atividades supracitadas, o Programa de Educação Ambiental poderá ser complementado pela inclusão de campanhas de resíduos sólidos, como:

- promoção de concursos de redação com a temática de resíduos sólidos, sustentabilidade, benefícios de um consumo consciente aliado à gestão adequada, etc;
- promoção de concursos de fotos que ilustrem irregularidades sobre o tema, com exposição de todos trabalhos inscritos;
- realização de concursos para premiação dos bons exemplos de iniciativas isoladas que contribuam com a gestão e/ou o gerenciamento de resíduos sólidos;
- entrevistas nas emissoras de rádio ou pautas em jornais diferentes grupos da sociedade, a fim de coletar opiniões sobre a temática.

Outro segmento da sociedade que merece ser lembrado nas ações que envolvam educação ambiental são as empresas, as quais poderiam desenvolver campanhas na linha da sustentabilidade e gerenciamento de resíduos sólidos, conforme exemplo da

Figura 5.37. Em contrapartida, tais ações poderiam ser apoiadas pelo poder público a fim de se tornar cada vez mais comuns, através de incentivos fiscais.

Figura 5.37 - Educação Ambiental nas Empresas

B) Programa de Comunicação Social (PCS)

O Programa de Comunicação Social apresenta relação direta com o Programa de Educação Ambiental, ou seja, estará voltado principalmente, à divulgação e notoriedade dessas atividades. A divulgação das seis (06) atividades - direcionadas ao público em geral, que compõe o Programa de Educação Ambiental - deverá ser feita continuamente durante o mês que antecede a realização de cada evento, em todos os meios de comunicação possíveis, como:

- serviço de espera telefônica do setor responsável pela limpeza urbana, com listagem de canais de informação;
- textos e *spots* para rádio, pautas nos sites das Secretarias da Prefeitura, redes sociais - *Facebook* e *Twitter*;
- informativos impressos mensais;
- anúncios publicitários em jornais impressos locais, como o *Metro* e o *Destak*;
- publicações no Diário Oficial de Campinas;
- notícias nos telejornais das emissoras locais.

Ressalta-se que a comunicação dos eventos e atividades deverá ser repetida frequentemente e em turnos diferentes nos diversos meios de comunicação, através de uma linguagem simples e direta, a fim de que atinja o maior número possível de

peessoas. Já para as atividades de capacitação dos professores, a cada ano letivo deverá ser prevista a realização dos quatro (04) eventos durante o período de planejamento de ensino, em comum acordo entre todas as escolas do ensino público de Campinas, quanto às datas, locais e horários.

Além disso, o Programa também prevê a disponibilização de um canal de atendimento gratuito à população geral via contato telefônico para o esclarecimento de dúvidas sobre a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos no município de Campinas, divulgação de informações sobre os pontos de entrega voluntária (PEV's), organização de eventos, bem como denúncias em geral.

5.3.1.1.1 Custos Estimados

A planilha de custos anuais estimados para algumas das ações previstas nos Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social (por escola) pode ser visualizada na Tabela 5.13. Estima-se que no município de Campinas haja um total de 600 unidades escolares, entre: municipais, estaduais e particulares.

Tabela 5.13 - Custos Anuais Estimados para o PEA e PCS

Programa	Atividades por Escola		Total (h)	Custos Estimados (R\$/ escola)
PEA	Oficinas	Moderador	12	3.600,00
		Equipe (05 pessoas)	12	6.000,00
PEA	Palestras		14	1.400,00
PEA	Material Didático			1.200,00
PEA	Visitas Técnicas		02	1.000,00
PCS	Divulgação e <i>Marketing</i>			409.125,00

Os custos para as Oficinas Participativas foram estimados por unidade escolar, contando com uma equipe de um (01) moderador e cinco (05) educadores ambientais, que totalizam 12 horas de atividades. Para as Palestras Técnicas, os custos basearam-se em 14 horas de atividades, por unidade escolar. Enquanto para as Visitas Técnicas, o valor corresponde ao atendimento de um público de cem (100) pessoas, por evento. Já os custos estimados para a Divulgação e *Marketing* referem-se ao valor total anual previsto para as atividades no município de Campinas. Ressalta-se que estes custos podem ser reduzidos pela formação de parcerias com Universidades, ONG's, etc.

5.3.1.2 Programa de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva dos Resíduos Domiciliares (POCS)

Devido ao Programa de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares no município de Campinas-SP ainda ser incipiente, torna-se essencial a proposição de medidas para sua otimização, em busca da melhoria contínua, bem como do incentivo à segregação dos RSD na fonte geradora, de forma a promover benefícios ambientais, sociais, econômicos e prolongar a vida útil do aterro sanitário.

O Programa de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares de Campinas-SP (POCS) tem como objetivo principal agregar melhorias ao que já ocorre atualmente, através das seguintes ações:

- fortalecer os Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social, contemplados no item 5.3.1.1;
- verificar a necessidade de instalação de Pontos de Entrega Voluntária (PEV);
- propor a instalação da lixeira de rejeitos nos dispositivos de coleta seletiva;
- atualizar o cadastro das Cooperativas e Associações de Catadores;
- ampliar a abrangência da coleta seletiva na malha urbana para 100%;
- estender a coleta seletiva para as áreas rurais;
- criar a Central de Triagem de Resíduos Recicláveis no Complexo Delta para a fração recolhida na coleta regular de RSD, a qual não foi segregada na fonte geradora.

A) Apoio aos Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social

A fim de que os Programas de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (5.3.1.2), de Compostagem dos Resíduos de Limpeza Urbana (5.3.1.3) e de Controle de Poluição Difusa Originada de Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem (5.3.1.5) atinjam seus objetivos, é fundamental que os Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social (5.3.1.1) estejam integrados e funcionando continuamente durante toda a vigência do PMSB.

As ações devem ser desenvolvidas como especificado em cada Programa, para atingir as áreas de grande circulação de pessoas, bem como aquelas, em que haverá a expansão da coleta seletiva; a fim de disseminar as informações e conscientizar sobre a responsabilidade ambiental de cada cidadão. Para tanto, é fundamental que os cidadãos estejam familiarizados com alguns conceitos básicos e nomenclaturas (Figura 5.38).

Figura 5.38 - Cores da Coleta Seletiva

FONTE: TEKPLAST, 2013

Outra necessidade de intervenção - constatada durante fase de diagnóstico na região central de Campinas - estima que haja uma demanda de instalação de 1440 papeleiras para atender o volume de resíduos gerados.

B) Manutenção e Instalação de novos Pontos de Entrega Voluntária (PEV's)

Os Ecopontos são áreas da Prefeitura com estrutura física e pessoal treinado para gerenciamento e estocagem provisória de resíduos sólidos gerados pelos munícipes, incluindo refugos de pequenas obras de construção civil, além de materiais potencialmente recicláveis. Além disso, também recebem restos de podas e aparas de vegetação ou ainda materiais com características especiais, como:

- Sucatas Eletrônicas (equipamentos eletrônicos e eletrodomésticos sem utilidade)
- Resíduos de podas de jardinagem
- Madeiras
- Móveis velhos
- Pilhas e baterias
- Lâmpadas fluorescentes queimadas

Atualmente, estão cadastrados dez (10) Ecopontos em funcionamento diário: Jardim São Gabriel; Parque Tropical; Jardim Paranapanema; Jardim Eulina; Parque

Itajaí; Jardim Pacaembu; Parque São Jorge; Bairro Vida Nova (Figura 5.39); Vila Campos Sales; Ecoponto DLU – Pneus e Lixo Eletrônico (Figura 5.40).

Figura 5.39 - Ecoponto Bairro Vida Nova

FONTE: DLU-PMC, 2013

Figura 5.40 - Ecoponto DLU - Pneus e Lixo Tecnológico

FONTE: DLU-PMC, 2013

Já os Pontos Verdes são locais devidamente preparados com caçambas para estocagem provisória de resíduos sólidos da construção civil originários de pequenos geradores, especialmente os provenientes de pequenas obras de construção civil, além de materiais com potencial de serem reciclados, como resíduos de podas e aparas de vegetação, sendo eles: Satélite Íris, Carlos Grimaldi, Vista Alegre, Sapucaí, São Domingos, Vila Brandina, Distrito de Sousas e Costa e Silva; Bosque dos Jequitibás – Ponto Verde Reciclável; Lagoa do Taquaral – Ponto Verde Reciclável (Figura 5.41); Parque Ecológico – Ponto Verde Reciclável.

Figura 5.41 - Ponto Verde Lagoa do Taquaral

FONTE: DLU-PMC, 2013

Destaca-se que um dos fatores fundamentais na análise de necessidade de implantação dos ecopontos foi a identificação de mais de duzentos e oitenta (280) pontos de descarte irregular de resíduos sólidos, em pesquisa realizada pelo DLU-PMC em conjunto com as Administração Regionais e Subprefeituras de Campinas. A partir dessa análise, estes PEV's foram distribuídos em todos os setores da cidade, para receber de maneira segregada não só os resíduos recicláveis, mas também os resíduos de construção civil (entulhos, madeiras), resíduos de significativo impacto ambiental (lâmpadas, pilhas, baterias, lixo eletrônico, óleo comestível, pneus, etc.), bem como os resíduos provenientes de poda e capina.

Portanto, para a otimização da prestação de serviços, torna-se fundamental que sejam verificadas as atuais condições dos PEV's, a fim de priorizar manutenções, como:

- analisar demandas, capacidade e tipos de resíduos sólidos descartados;
- garantir a segregação dos resíduos sólidos na fonte;
- ajustar a frequência de coleta de acordo com as necessidades locais, evitando o transbordamento dos recipientes de armazenamento;
- priorizar a manutenção das áreas, em que há grande circulação de pessoas.

De maneira complementar, os novos PEV's - em torno de 88 – deverão ser instalados nos setores em que haja um maior fluxo de pessoas, como áreas centrais, próximas ao comércio, às redes de transporte público, etc.; ou ainda naqueles setores ou bairros, em que sejam constatadas necessidades de aumento da capacidade de recebimento.

C) Instalação de Lixeira de Rejeitos

A fim de atender a uma das premissas da PNRS de encaminhar apenas os rejeitos à disposição final em aterro sanitário, é fundamental que o sistema de coleta seletiva seja tanto regular, quanto efetivo. Nesse sentido, outra sugestão simples é que sejam acoplados aos já tradicionais dispositivos de coleta seletiva, a lixeira de rejeitos (Figura 5.42), a fim de promover a segregação da fração orgânica.

O que pode ser notado é que muitas vezes, quando ocorre a mistura da matéria orgânica com os rejeitos nas lixeiras (fraldas descartáveis, restos de papel higiênico, etc.), surge a vulnerabilidade para a contaminação de uma fração, a qual poderia ser encaminhada - por exemplo, para o tratamento via compostagem.

Figura 5.42 - Lixeira de Rejeitos

FONTE: DIBRAX, 2013

D) Cadastro das Cooperativas e Associações de Catadores

Como a coleta seletiva está diretamente relacionada com o manejo destes materiais pelas Cooperativas e Associações de Catadores, é essencial que elas estejam cadastradas e em pleno funcionamento, a fim de garantir suporte ao recebimento de demandas futuras, quando o serviço se universalizar por 100% da malha urbana.

Atualmente, estão cadastradas quinze (15) Cooperativas pela Prefeitura Municipal (Figura 5.43), das quais doze (12) estão incumbidas de receber todos os recicláveis coletados, duas (02) trabalham com os resíduos gerados no seu local de instalação - Usina de Reciclagem de Materiais (URM) para entulhos e CEASA - e uma (01) voltada ao óleo de cozinha, sendo elas: Aliança; Antonio da Costa Santos; Barão; Bom Sucesso; Divipaz; Dom Bosco; Havilá; Reciclar; Santa Genebra; Santo Expedito;

Santos Dumont; São Bernardo; Unidos da Vitória (CEASA); Tatuapé (URM) e Remodela (Biodiesel).

Figura 5.43 – Cooperativa de Catadores de Recicláveis em Campinas

FONTE: RENOVA AMBIENTAL, 2014

A atualização das informações sobre as antigas e o cadastramento das novas Cooperativas ou Associações de Catadores é fundamental para que haja uma estimativa sobre a capacidade de recebimento, bem como a disponibilização de infraestrutura básica para o seu pleno funcionamento, segundo uma escala de prioridades na Prefeitura Municipal. A partir desse cadastro, algumas iniciativas poderão ser implantadas, como:

- identificar a estrutura física de cada Cooperativa, sua área de instalação e equipamentos, como – esteira ou mesa adequada para a triagem de resíduos, prensas, balanças industriais e carrinhos para transporte. Essa medida é fundamental para que haja hierarquização nos investimentos para aquelas mais carentes de recursos;
- fornecer equipamentos de proteção individual (EPI's), os quais garantam a saúde do trabalhador, de acordo com a função que for desempenhar;
- promover treinamentos de capacitação continuada com os catadores cooperados ou associados;
- incentivar à alfabetização dos cooperados e associados, a fim de torná-los suficientemente capazes de se auto coordenar e gerir suas finanças;
- integrar os associados ou cooperados nos programas sociais existentes em âmbito municipal, estadual e federal;
- incentivar os catadores informais à inserção em Cooperativas e Associação de Catadores;

- buscar incentivos fiscais para o aumento dos benefícios dos cooperados e associados, a fim de fortalecer a classe.

Além disso, deve ser garantido que, em caso de firmação de uma PPP (Parceria Público-Privada) para a prestação de serviços na área de resíduos sólidos - como vem sendo discutido atualmente pelos gestores públicos - as Cooperativas/ Associações devem estar integradas nesse contrato. Uma alternativa seria que lhes fosse garantida a coleta e comercialização dos recicláveis pela PPP, mediante sua contratação.

E) Ampliação da Abrangência da Coleta Seletiva nas Áreas Urbanas e Rurais

Atualmente, a coleta seletiva cobre uma área equivalente à 75% da malha urbana (Figura 5.44) – devendo ser universalizada para 100%, a incluir as áreas rurais. Haja vista que Campinas apresenta uma extensa área rural em seu território e é imprescindível que esta também seja contemplada pelo sistema de coleta seletiva.

Na Figura, ao se focar no perímetro urbano, destaca-se a abrangência da prestação do serviço concentrada, principalmente, na região central. De modo que na porção sul - a qual concentra a maior parte da população – o serviço não se encontra disponível.

Figura 5.44 - Malha Urbana de Campinas

A priori, nas áreas com pouca densidade demográfica, torna-se viável a instalação de Pontos de Entrega Voluntária (PEV's) - do tipo Pontos Verdes - para que os moradores possam segregar em pontos estratégicos: o resíduo reciclável; de construção civil; de pequenas reformas; de limpeza urbana proveniente de pequenas podas, capinas e roçadas e aquele de significativo impacto ambiental (pilhas, baterias, lâmpadas, lixos eletrônicos, embalagens de agrotóxicos, óleos comestíveis, etc).

F) Central de Triagem de Resíduos Recicláveis (CTRR)

A fim de atender as exigências da PNRS - Lei nº 12.305/2010, a qual estabelece o descarte apenas de rejeitos nos aterros sanitários, torna-se imprescindível que haja uma melhoria na segregação de recicláveis, inclusive daqueles que não foram absorvidos pela coleta seletiva. Para tanto, propõe-se a criação de uma Central de Triagem de Resíduos Recicláveis no Complexo Delta.

Assim, a Central de Triagem de Resíduos Recicláveis (CTRR) trabalharia apenas com o volume de RSD encaminhado ao aterro sanitário, o qual passaria por uma triagem, para respectiva separação da fração reciclável. Outra finalidade da CTRR seria a separação da fração orgânica dos resíduos domiciliares a ser encaminhada ao Programa de Compostagem dos Resíduos de Limpeza Urbana (5.3.1.3).

Um exemplo bem sucedido é a Usina de Triagem e Reciclagem de Uberaba- MG (Figura 5.45), como descrevem Teobaldo Neto e Nishiyama (2005). Na primeira etapa, o RSD é descarregado no fosso de depósito inicial com capacidade de aproximadamente 500 toneladas. Uma garra hidráulica com capacidade de 1,5 ton. alimenta a esteira de separação dos resíduos, a partir daí o RSD segue para uma peneira rotativa circular com malha de 20 x 20 cm e pontas rasga-sacos. A seguir, ele é direcionado para duas esteiras de catação com 13 metros de comprimento, onde é segregado manualmente nos tipos: papelão, papel, plástico fino, outras embalagens plásticas, alumínio, metal, vidro, cobre e rejeitos em geral (panos, pneus, madeira, etc.). Posteriormente, o RSD passa por um eletroímã, onde é feita a retenção de todo material ferroso existente. Na sequência, os resíduos passam por um peneiramento fino com malha variável de 12 a 18 mm e raspador interno separando de um lado composto orgânico e de outro lado, rejeito fino.

Outros exemplos são as duas Centrais de Triagem de São Bernardo do Campo, a qual aumentaram de 0,8 para 4,0% a quantidade de materiais triados, com meta para chegar à 10% até 2016. No município, a coleta porta-a-porta é realizada por uma

empresa terceirizada – contratada via Parceria-Público-Privada (PPP) – enquanto a triagem e a comercialização dos recicláveis são de responsabilidade de duas Cooperativas – Cooperluz e Reluz (CEMPRE, 2015).

No caso específico de Campinas, a CTRR poderia ser instalada no Complexo Delta (atual estação de transbordo), de forma a doar os resíduos recicláveis para a comercialização via Cooperativas e Associações de Catadores cadastradas junto à Prefeitura Municipal, enquanto a fração orgânica poderia ser encaminhada ao pátio de compostagem; o que contribuiria para uma disposição final mais próxima da ideal, ou seja, apenas do rejeito.

Figura 5.45 - Usina de Triagem e Reciclagem de Uberaba - MG

FONTE: Teobaldo Neto e Nishiyama, 2005

G) Contêineres de Recicláveis para a Coleta Mecanizada

Durante as “Oficinas Participativas para a construção do Plano Municipal de Recursos Hídricos de Campinas”, bem como a “Audiência Pública sobre a Coleta Mecanizada” – ambas realizadas pela Prefeitura Municipal de Campinas em 2014 – foram reivindicadas ações voltadas à educação ambiental, comunicação social, além da instalação de contêineres para recicláveis no novo método de coleta mecanizada, uma vez que os prestadores de serviço disponibilizaram apenas dispositivos de armazenamento voltados para a fração orgânica.

Na prática, tais contêineres que deveriam receber apenas os resíduos orgânicos, acabam por armazenar também os recicláveis e os rejeitos; ou seja, a forma como o processo é conduzido não induz à eficácia na coleta seletiva.

5.3.1.2.1 Custos Estimados

A planilha de estimativa de custos para a implantação de algumas das ações previstas no Programa de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares encontra-se na Tabela 5.14. De forma que para um maior nível de detalhamento, são necessários mais especificações a nível de projeto.

Tabela 5.14 - Custos Estimados para POCS

Especificação do Serviço	Custos Estimados (R\$)
Coleta e Transporte Regular de RSD (t)	114,66
Coleta Seletiva Porta a Porta (t)	611,95
Fomento às Cooperativas (un)	386.000,00
Papeleiras na Área Central (un)	310,00
Lixeira de Rejeitos (un)	70,00
Lixeiras de Coleta Seletiva (un)	1.700,00
Contêineres em locais estratégicos (un)	1.100,00
Novos Ecopontos (un)	100.000,00
Operação do Ecoponto (un)	16.567,90
Central de Triagem de Resíduos Sólidos ¹	300.000.000,00 ¹
Contêiner Coleta Mecanizada (un)	1.100,00

¹ Valor estimado por orçamento do DLU-PMC (2013)

5.3.1.3 Programa de Compostagem dos Resíduos de Limpeza Urbana (PCRLU)

O Programa de Compostagem dos resíduos de limpeza urbana (RLU) foi dimensionado para contemplar o tratamento dos resíduos provenientes da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas da malha urbana do município de Campinas-SP. Em um segundo momento, quando a instalação dos Pontos Verdes nas áreas rurais do Programa de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (5.3.1.2) estiver concretizada, os contêineres disponibilizados para o armazenamento dos RLU também poderão ser encaminhados para compostagem.

Tendo em vista que nos resíduos de limpeza urbana, há aproximadamente 0,8 - 1,2% de N e 45 - 55% de C; bem como na fração orgânica dos resíduos domiciliares, há 0,8 - 1,2% de N e 20 - 27% de C, encontram-se na literatura valores de relação C/N para RLU de 46:1 e RSD de 20:1 (VON SPERLING, 2001).

Além disso, de acordo com Kiehl (2004), o valor ótimo da relação C/N para que se inicie a compostagem é de 33:1. No entanto, a relação de RLU (46:1) é elevada para o início do tratamento por si só. Portanto, sugere-se que haja uma mistura de 50% em volume de resíduos de limpeza urbana com 50% em volume da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares, a fim de que sejam atingidos valores próximos aos ideais do processo. Nesse contexto, Fernandes e Silva (1998) acrescentaram que os resíduos vegetais são um dos mais importantes agentes estruturantes, já que garantem integridade estrutural à mistura, absorvem o excesso de umidade, equilibram a relação C/N, além de servir como fonte de carbono (C) aos microrganismos do processo.

Por conseguinte, para que seja promovida essa mistura, é essencial que o Programa de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares esteja em funcionamento, uma vez que disponibilizará a fração orgânica para compostagem. As Tabelas 5.15 e 5.16 apresentam as massas de RSU (kg) geradas em 90 dias - tempo de maturação do composto - que passarão pelo tratamento biológico e o volume necessário da leira de compostagem (m³), respectivamente.

Tabela 5.15 - Massa de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) para Compostagem

RSU	Total (kg)	Leira (50%RLU, 50%RSD)	% do Total Gerado
RLU	15660	15660	100,00 *
RSD	90000	15660	17,40 **

* Porcentagem de RLU destinada à Compostagem

** Porcentagem de RSD destinada à Compostagem

Como pode ser observado na Tabela 5.15, toda a geração de RLU será encaminhada à compostagem, enquanto a parcela de 17,40% de RSD será destinada ao processo. Haja vista que a fração orgânica dos RSD de Campinas é de aproximadamente 46,80%, pode ser estudada a viabilidade da construção de outras leiras de compostagem apenas com resíduos domiciliares, a fim de atender a demanda excedente.

Tabela 5.16 - Dimensionamento das Leiras de Compostagem

Dimensionamento Leira	
Massa de RSU (kg)	31.320,00
Densidade aparente de RSU (kg/m ³) *	250,00
Volume Total (m ³)	125,28
Número de Leiras (un)	20,00
Volume da Leira (m ³)	6,26
Altura (m)	1,20
Comprimento (m)	3,00
Largura (m)	2,00

* Densidade Aparente da Caracterização Gravimétrica de RSU da Fração Orgânica por SRHU/MMA, 2012

Desta forma, como descrito na Tabela 5.16 - para atender ao volume demandado, sem prejudicar o processo biológico - poderão ser construídas vinte (20) leiras de compostagem pelo método de pilhas aeradas, cujas dimensões serão de 1,20 m de altura x 2,00 m de largura x 3,00 m de comprimento, com o intuito de facilitar a aeração e a conversão dos compostos biodegradáveis em CO₂ e H₂O, via degradação aeróbia. Ressalta-se ainda que tal construção deverá ser efetuada sobre pátio impermeabilizado – dotado de canaletas para a drenagem dos lixiviados, a fim de se evitar que haja contaminação do solo.

De modo que as leiras de compostagem deverão receber a mistura (50%RLU; 50%RSD), em ciclos de noventa (90) dias: os sessenta (60) primeiros para o processo natural de compostagem/bioestabilização e os trinta (30) últimos para a maturação do composto orgânico.

Diariamente, serão analisados alguns parâmetros físico-químicos, a fim de se manter as condições ideais para o processo, como a medição da temperatura e pH. Quinzenalmente, outras análises deverão ser conduzidas, como Umidade, Matéria Orgânica Total, Matéria Orgânica Compostável, Matéria Orgânica Resistente, Nitrogênio Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Nítrico e por fim, a relação C/N; bem como será promovida a aeração das leiras pela técnica de revolvimento.

A técnica de revolvimento utilizada poderá ser manual ou mecânica, conforme a demanda, verificada durante as fases de operação e monitoramento das leiras de compostagem. Ao final do processo de pós-maturação, o composto orgânico deverá apresentar as seguintes características (Tabela 5.17):

Tabela 5.17 - Características do Composto Orgânico Final (50%RLU; 50%RSD)

Parâmetro	Valores Ideais do Composto Orgânico Final
pH	Mínimo de 6,0
Temperatura (°C)	30 - 35
Relação C/N	Máximo de 20:1
Umidade (%)	Máximo de 40

Destaca-se que em complemento aos parâmetros da Tabela 5.18, a faixa ótima de relação C/N é de 8:1 – 12:1. Paralelamente, de acordo com experimentos de Paula (2009) com resíduos orgânicos de áreas verdes, a redução de volume de leiras revolvidas é da ordem de 60%, o que resultaria em 50,11m³ de composto orgânico final.

Por fim, tal composto orgânico humificado poderá ser utilizado para fins paisagísticos, como condicionador de solos em parques, bosques, praças públicas, bem como na recuperação de áreas degradadas, sob responsabilidade do poder público.

5.3.1.3.1 Custos Estimados

A planilha de custos estimados de algumas das ações previstas no Programa Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana pode ser visualizada na Tabela 5.18. De modo que para maiores detalhamentos, são necessárias mais especificações a nível de projeto.

Tabela 5.18 - Custos Estimados para o PCRLU

Especificação do Serviço (Un)	Custos Estimados (R\$)
Coleta de RLU (t)	912,37
Varrição Manual de Vias (km)	67,49
Operação de Limpeza Especial de Calçadas (eq/dia)	1.488,53
Limpeza e Lavagem de Feiras Livres (eq/dia)	1.297,47
Equipe de Serviços Gerais (eq/dia)	1.541,04
Limpeza Mecanizada de Drenagem Urbana (eq/dia)	1.241,40

5.3.1.4 Programa de Tratamento de Lixiviados do Aterro Sanitário Delta A em Reatores UASB, Campinas-SP (PTL)

Ressalta-se que o tratamento de lixiviados de aterro sanitário está contemplado na concepção de uma adequada gestão e (ou) gerenciamento integrado de resíduos sólidos, além de atender um dos princípios fundamentais da Lei Federal nº 11.445/2007, uma vez que o tratamento conjunto esgoto sanitário/lixiviados se enquadra nos subitens de intersetorialidade e integração das infraestruturas e serviços, aliados à gestão eficiente dos recursos hídricos.

Desta forma, o estudo de viabilidade do tratamento de lixiviados provenientes do aterro sanitário Delta A em reatores UASB baseou-se na análise de diversos fatores – perpassando por características quali-quantitativas do esgoto sanitário, dos lixiviados, a eficiência da ETE, além da avaliação da capacidade de tratamento das fases líquidas e sólidas, por meio dos reatores anaeróbios de fluxo ascendente - como aqueles presentes na ETE Piçarrão, Anhumas, etc.

A) Caracterização do Esgoto Sanitário da ETE Piçarrão, Campinas-SP

De acordo com o memorial descritivo da SANASA (2013), a ETE Piçarrão iniciou sua operação em 2005, contribuindo com um aumento de 23% no índice do esgoto tratado em Campinas. Baseada no tratamento biológico via reatores anaeróbios de fluxo ascendente, é formada pelas unidades operacionais (ANEXO A) e respectivos processos (ANEXO B):

O levantamento das características do esgoto sanitário da ETE Piçarrão realizado por Viaro (2007) - para a fração bruta e tratada - pode ser visualizado nos ANEXOS C e D. Desta forma, foram elencadas onze (11) análises para o período seco e quatro (04) para o período chuvoso, com as características físico-químicas do esgoto bruto e tratado.

B) Caracterização dos lixiviados gerados no Aterro Sanitário Delta A

A caracterização dos resíduos sólidos urbanos (RSU) para o cálculo do Método Suíço (Equação 02 do APÊNDICE D – item 5.3.1.4.3) pode ser visualizada na Tabela 5.19.

Tabela 5.19 - Características dos RSU para o Método Suíço

Variável Método Suíço	Valores
RSU (kg/dia.hab)	0,916
RSU (kg/ano.hab)	334,340
População	1.090.000,000
RSU (kg/ano)	364.430.600,000
Peso específico (tf/m³)	0,600
k (0,25 - 0,5)	0,400
Precipitação Anual(mm)¹	1.425,000
Área do aterro (m²)	260.000,000
Tempo/ ano (s)	31.536.000,000

¹Fonte: CEPAGRI, 2013

Desta forma, a vazão de lixiviados do aterro sanitário Delta A - pertencente ao município de Campinas - estimada pelo Método Suíço é de 4,699 l/s. Ademais, o aterro sanitário iniciou suas atividades de operação em 1995 e atualmente, encontra-se em fase de encerramento; ou seja, a idade do lixiviado gerado é característica de um aterro velho, que de acordo com Tchobanoglous, Theisen & Vigil (1993) apresenta a seguinte composição típica (Tabela 5.20).

Tabela 5.20 – Composição típica de lixiviados de aterros velhos

Constituinte	Aterro velho (mais de 10 anos)
DBO ₅ (mg/L)	100-200
COT (mg/L)	80-160
DQO (mg/L)	100-500
Sólidos suspensos totais (mg/L)	100-400
N-orgânico (mg/L)	80-120
N-amoniaco (mg/L)	20-40
Nitrato (mg/L)	5-10
P-total (mg/L)	5-10
Ortofosfato (mg/L)	4-8
Alcalinidade (mgCaCO ₃ /L)	200-1000
pH	6,6-7,5
Dureza total (mgCaCO ₃ /L)	200-500
Cálcio (mg/L)	100-400
Magnésio (mg/L)	50-200
Potássio (mg/L)	50-400
Sódio (mg/L)	100-200
Cloreto (mg/L)	100-400
Sulfato (mg/L)	20-50
Ferro Total (mg/L)	20-200

FONTE: Adaptado de Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993

Acrescenta-se ainda que a composição do lixiviado de aterro velho é tipicamente caracterizada por um menor teor de DBO₅ (100 - 200 mg/L), devido às complexas séries

de reações microbiológicas que geram CH_4 e CO_2 . Além disso, praticamente não há mecanismos de conversão do N-NH_3 , o que implica na existência de altas concentrações.

C) Avaliação da capacidade da fase líquida

A maioria dos estudos desenvolvidos na área de tratamento conjunto de esgoto sanitário/lixiviados - como os realizados por Mannarino *et al.* (2011) e McBean *et al.* (1995) - reforçam a ideia de que a relação volumétrica entre lixiviado e esgoto não deva ultrapassar 2%, a fim de que não haja interferências na eficiência de tratamento das ETEs. Ademais, Cossu *et al.* (1998) constataram em seus experimentos que a adição volumétrica de até 5% de lixiviado em relação ao esgoto sanitário não causou inibição aos processos biológicos, nem instabilidade aos reatores anaeróbios.

Nesse contexto, destaca-se que a vazão de lixiviados gerada no aterro Delta A representa 1,127% da vazão de esgoto sanitário da ETE Piçarrão, o que habilita o início dos cálculos de capacidade da fase líquida.

D) Avaliação da capacidade da fase sólida

Os dimensionamentos expostos a seguir basearam-se nas Equações 5.3 à 5.13 (APÊNDICE D - item 5.3.1.4.3), abordadas no item metodológico. Por conseguinte, na situação de tratamento em reatores anaeróbios de manta de lodo (UASB) com esgotos afluentes de baixa carga orgânica, o dimensionamento do reator deverá considerar a carga hidráulica volumétrica. Nesse sentido, para esgotos sanitários tratados na faixa de temperatura em torno de 20°C , tem-se adotado tempos de detenção hidráulica (TDH) da ordem de 8 a 10 horas para a vazão média. Portanto, tem-se que:

$$V = Q \times \text{TDH} = 36028,8 \times (8/24) = 12009,5 \text{ m}^3$$

Assim, quando se adiciona a vazão de lixiviados característicos de aterros antigos (mais de 10 anos) – ou seja, com carga orgânica reduzida - junto à vazão de projeto da Estação ($36.028,8\text{m}^3/\text{d}$), tem-se que:

$$V = Q \times TDH = 36434,88 \times (8/24) = 12144,96 \text{ m}^3$$

Onde,

V = volume total do reator (m³); Q = vazão afluyente (m³/dia); TDH = tempo de detenção hidráulica (d).

$$CHV = \frac{1}{TDH} = \frac{1}{8} \times 24 = 3 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$$

Onde,

CHV = carga hidráulica volumétrica (m³/m³. d) – não deve ser superior à 5,0m³/m³.d;
TDH = tempo de detenção hidráulica (d).

A Carga Hidráulica Volumétrica (CHV) de 3m³/m³. d garante que não haja perda excessiva de biomassa no sistema, redução do tempo de residência celular (idade do lodo) e consequente diminuição do grau de estabilização dos sólidos, bem como possibilidade de falha do sistema, uma vez que o tempo de permanência da biomassa no reator pode ser inferior ao seu tempo de crescimento.

Já sobre a Carga Biológica ou Carga de Lodo, que se refere à quantidade (massa) de matéria orgânica aplicada diretamente ao reator, por unidade de biomassa presente no mesmo, estima-se que:

$$M = \frac{Q \times S}{CB} = \frac{(36028,8 \times 3)}{0,3} = 360288 \text{ kgSVT/m}^3 = 360,29 \text{ tSVT}$$

Todavia, quando se adiciona a vazão de lixiviados junto ao esgoto doméstico com uma concentração de substrato de lixiviados (S) de 0,3 kgDQO/m³, sem alterar a carga biológica da ordem de 0,3 kgDQO/kgSVT.d, a fim de não prejudicar a estabilidade do processo durante a partida do reator, tem-se que:

$$M = \frac{Q \times S}{CB} = \frac{(36434,88 \times 3,3)}{0,3} = 400783,7 \text{ kgSVT/m}^3 = 400,78 \text{ tSVT}$$

Onde,

CB = carga biológica ou carga de lodo (kgDQO/kgSVT.d); Q = vazão afluyente (m³/dia); S = concentração de substrato afluyente (KgDQO/m³); M = massa de microrganismos presentes no reator (kgSVT).

Sequencialmente, a velocidade superficial do fluxo adotada para a vazão média é de 0,6m/h, de forma que resulta numa altura de reator (H) de:

$$H = v \times TDH = 0,6 \times 8 = 4,80 \text{ m}$$

Onde,

H = altura do reator (m); v = velocidade superficial do fluxo, ou velocidade ascensional (m/h); TDH = tempo de detenção hidráulica (h).

Deste modo, com um volume de reator (V) necessário para o tratamento conjunto de esgoto sanitário e lixiviados de 12144,96 m³ e uma altura (H) de 4,80m, tem-se que:

$$A_{\text{base}} = \frac{V}{H} = \frac{12144,96}{4,80} = 2530,2 \text{ m}^2$$

Onde,

A_{base} = Área da seção transversal do reator cilíndrico; V = volume do reator; H = altura do reator.

Como a área da base de um reator cilíndrico é dada por $A_{\text{base}} = \pi r^2$, tem-se que o raio (r) é de 28,38 m.

Sistema de Distribuição do Afluyente

A correta distribuição dos esgotos, de modo a garantir um contato efetivo com a biomassa presente no reator, constitui-se em um dos aspectos mais importantes para o correto funcionamento do reator.

Assim, a área de influência de cada distribuidor foi calculada considerando-se um lodo medianamente floculento - uma vez que se estimou sua concentração em torno de 33 kgSVT/m³ - cuja carga orgânica aplicada foi de 10,0 kgDQO/m³.d. Para tanto, Lettinga e Hulshoff Pol (1995) *apud* Chernicharo (1997), indicam - como diretrizes preliminares de projeto - para as condições mencionadas a adoção de área de influência de cada distribuidor entre 2 e 5 m². Portanto, o número máximo de distribuidores (N_d) é:

$$N_d = \frac{A}{A_d} = \frac{2530,2}{2} = 1265,1 = 1266$$

Onde,

N_d = número de distribuidores; A = área da seção transversal do reator (m²); A_d = área de influência de cada distribuidor (m²);

Além disso, os tubos de distribuição devem propiciar uma velocidade descendente do esgoto inferior a 0,2m/s, com um diâmetro da ordem de 75mm, a fim de evitar o arraste de ar. Com o intuito de aumentar a velocidade na saída da tubulação, evitando possíveis entupimentos, o diâmetro dos bocais inferiores pode ser reduzido para 50mm, o que resultaria numa velocidade superior a 0,4 m/s – suficiente para evitar a deposição de areia junto às extremidades do tubo.

Produção de Lodo (P_{lodo})

Para o caso particular do tratamento de esgotos sanitários em regiões tropicais, podem ser estimadas conjuntamente as parcelas de DQO utilizadas para crescimento celular e não convertida - mantida no lodo do reator - a partir da produção esperada de sólidos no sistema. Com um coeficiente de produção de sólidos (Y_{obs}) de 0,15 kgDQO_{lodo}/kgDQO_{apl}, tem-se que:

$$P_{lodo} = DQO_{cel} + DQO_{ret}$$

$$P_{lodo} = Y_{obs} \times DQO_{apl} = 0,15 \times 120.235,10 = 18.035,27 \text{ kgDQO}_{lodo}/d$$

Onde,

P_{lodo} = produção de sólidos no sistema (kgDQO_{lodo}/d); DQO_{cel} = carga de DQO utilizada para crescimento celular (kgDQO_{cel}/d); DQO_{ret} = carga de DQO não convertida e mantida no lodo do reator (kgDQO_{ret}/d); Y_{obs} = coeficiente de produção de sólidos no sistema, em termos de DQO (kgDQO_{lodo}/kgDQO_{apl}); DQO_{apl} = carga de DQO aplicada ao sistema (kgDQO/d).

Produção de Metano (CH₄)

Considerando o balanço estequiométrico da reação, tem-se teoricamente que 64g de DQO produzem 16g de CH₄:

De modo que, pode-se calcular a vazão de CH₄ produzida (m³/d), em função da DQO removida, consumida e convertida a CH₄ (kgDQO/d) e o fator de correção de temperatura operacional (kgDQO/L).

Para tanto, foi adotado que 15% da DQO_{total} foi consumida para o crescimento e retenção celular, enquanto que a remoção do tratamento anaeróbio é da ordem de 30% para tal parâmetro. Chega-se, portanto, a um valor de 45% de DQO que não é convertida a metano. Desta forma:

$$Q_{\text{CH}_4} = \frac{DQO_{\text{CH}_4}}{K(t)} = \frac{0,55 (30058,78)}{0,0027} = 6123,08 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$K(t) = \frac{P \times K}{R \times (273+t)} = \frac{1 \times 0,064}{0,08206 \times (273+20)} = 0,0027 \text{ kgDQO/L}$$

Onde,

Q_{CH_4} = produção volumétrica de metano (m³/d); DQO_{CH_4} = DQO removida e convertida a CH₄ (kgDQO/m³); $K(t)$ = fator de correção para a temperatura operacional do reator (kgDQO/m³); P = pressão atmosférica (1atm); K = DQO correspondente a um mol de CH₄ (64gDQO/mol); R = constante dos gases (0,08206 atm.L/mol.°K); t = temperatura operacional do reator (°C).

5.3.1.4.1 Custos Estimados

A planilha de custos estimados para algumas das ações previstas no Programa de Tratamento de Lixiviados do Aterro Sanitário Delta A em reatores UASB, Campinas-SP pode ser visualizada na Tabela 5.21. De modo que para maiores detalhamentos, são necessárias mais especificações a nível de projeto.

Tabela 5.21 - Custos Estimados para o PTL

Especificação do Serviço (Un)	Custos Estimados (R\$)
Transporte do Lixiviados (m ³)	22,97
Equipe de Serviços Gerais (eq/dia)	1.471,16
Tratamento de Esgoto (m ³) ¹	1270,00

¹ Custo estimado de tratamento por m³ das ETE's de Campinas (SANASA, 2013)

Como o presente Programa visa o tratamento conjunto dos lixiviados de aterro sanitário em uma ETE já existente e operante, considera-se que os custos referentes ao tratamento dessa demanda sejam internalizados junto aos do esgoto sanitário.

5.3.1.5 Programa de Controle de Poluição Difusa Originada dos Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem (PCPD)

As ações podem ser divididas em duas etapas principais: a projeção de cenários com a aplicação do Método SCS, a fim de traçar uma correlação entre - o processo de urbanização, o aumento do escoamento superficial e o controle da poluição difusa sobre a microdrenagem. E, uma segunda etapa de proposição de medidas para controle de poluição difusa originada de resíduos sólidos urbanos.

A) Projeção dos Cenários e Método SCS

A partir do estabelecimento das porcentagens de uso e ocupação de solo do município de Campinas, foi possível estabelecer valores de *Curve Number* (CN) respectivos a cada ocupação, para solos com características do tipo B, descritos na classificação de grupos e características de solo de Porto (1995) e Tucci *et al.* (1993). Ressalta-se que essa classificação refere-se à capacidade de infiltração do solo - conforme SCS, o que exerce influência direta sobre a formação das lâminas de escoamento, abordadas na construção dos cenários.

A Tabela 5.22 apresenta os tipos de uso e ocupação do solo nas bacias de Campinas e seus respectivos CN, enquanto a Tabela 5.23 mostra o CN global do município. Complementarmente, a fim de aumentar o grau de segurança nas projeções, através do cálculo de *Curve Number* (CN), foram corrigidas as condições de umidade antecedente do solo (AMC), de uma condição normal de umidade (AMC II) para uma condição de saturação do solo (AMC III), conforme Equação 5.14 (APÊNDICE E – item 5.3.1.5.3).

Tabela 5.22 - Tipos de Uso e Ocupação de Solo em Campinas por bacia

Uso e Ocupação do Solo (km ²)	Bacias de Campinas - Uso e Ocupação						CN
	Atibaia	Anhumas	Quilombo	Capivari	Capivari Mirim	Jaguari	
Superfícies Artificiais	47,21	76,44	28,2	100,10	19,46	0,98	98
Áreas Agrossilvopastoris	125,44	42,13	22,32	77,19	24,33	31,64	81
Espaços Abertos	8,30	7,09	7,41	4,37	3,77	0,18	69
Superfícies Naturais	71,88	18,63	14,16	33,95	8,25	13,56	55
Corpos d'água	3,49	1,59	0,31	0,76	0,36	1,01	98
Área Total	256,32	145,88	72,4	216,37	56,17	47,37	-
CNmédio Total	76,68	86,19	81,39	84,60	82,37	74,23	-
CN AMC III	88,32	93,49	90,95	92,67	91,49	86,88	-

Tabela 5.23 - Valores de CN para o município de Campinas

Uso e Ocupação do Solo	Área (km²)	Valores de CN
Superfícies Artificiais	272,39	98
Áreas Agrossilvopastoris	323,05	81
Espaços Abertos	31,12	69
Superfícies Naturais	160,43	55
Corpos d'água	7,52	98
Campinas	794,51	81,27
Campinas (CN para AMC III)	794,51	90,89

Já para os cenários de 2033, as seguintes projeções de uso e ocupação do solo e CN foram consideradas nas bacias: *Global Orchestration* (Tabela 5.24) e *Order from Strength* (Tabela 5.25). Ressalta-se que foram priorizados os cenários reativos, a fim de se obter um panorama mais crítico do escoamento superficial, perante a impermeabilização em até 80% da área total das bacias.

Tabela 5.24 - Uso e Ocupação do Solo para 2033 - *Global Orchestration*

Global Orchestration	Bacias de Campinas - Uso e Ocupação						CN
Áreas (km²)	Atibaia	Anhumas	Quilombo	Capivari	Capivari Mirim	Jaguari	
Superfícies Artificiais	202,27	115,43	57,67	172,48	44,65	0,98	98
Áreas Agrossilvopastoris	25,28	14,43	7,21	21,57	5,58	31,64	81
Espaços Abertos	18,96	10,82	5,41	16,18	4,19	0,18	69
Superfícies Naturais	6,32	3,61	1,80	5,39	1,39	13,56	55
Corpos d'água	3,49	1,59	0,31	0,76	0,36	1,01	98
Área Total	256,32	145,88	72,40	216,37	56,17	47,37	-
CNmédio Total	93,12	93,10	93,07	93,07	93,08	74,23	-
CN AMC III	96,89	96,88	96,86	96,86	96,86	86,88	-

Tabela 5.25 - Uso e Ocupação do Solo para 2033 - *Order from Strength*

Order from Strength	Bacias de Campinas - Uso e Ocupação						CN
Áreas (km²)	Atibaia	Anhumas	Quilombo	Capivari	Capivari Mirim	Jaguari	
Superfícies Artificiais	202,27	115,43	57,68	172,48	44,64	0,98	98
Áreas Agrossilvopastoris	37,92	21,64	10,81	32,35	8,37	31,64	81
Espaços Abertos	6,32	3,61	1,80	5,39	1,40	0,18	69
Superfícies Naturais	6,32	3,61	1,80	5,39	1,40	13,56	55
Corpos d'água	3,49	1,59	0,31	0,76	0,36	1,01	98
Área Total	256,32	145,88	72,40	216,37	56,17	47,37	-
CNmédio Total	93,71	93,70	93,67	93,67	93,68	74,23	-
CN AMC III	97,16	97,16	97,15	97,14	97,15	86,88	-

A Tabela 5.26 apresenta os valores de *Curve Number* (CN) para o município de Campinas, de acordo com os cenários reativos de 2033: *Global Orchestration* e *Order from Strength*. Ressalta-se que da mesma forma que para o cenário atual, para o ano de 2033 também foram corrigidos os valores de CN de uma condição antecedente de umidade do solo normal (AMCII) para saturada (AMCIII).

Além disso, é importante destacar que um maior nível de detalhamento dos tipos de uso e ocupação do solo, aliado à estruturação de um banco de dados e uma rede de monitoramento hidrológico, permitirá com que os cálculos dos valores de *Curve Number* (CN) reflitam condições mais próximas da realidade. Ademais, durante as atualizações quadrienais do PMSB, esses cálculos podem ser reformulados para cada bacia, caso sejam verificadas discrepâncias.

Tabela 5.26 - Valores de CN para o município de Campinas em 2033

Uso e Ocupação do Solo	<i>Global Orchestration</i>		<i>Order from Strength</i>	
	Área (km ²)	Valores de CN	Área (km ²)	Valores de CN
Superfícies Artificiais	629,584	98	629,584	98
Áreas Agrossilvopastoris	78,698	81	118,047	81
Espaços Abertos	59,0235	69	19,6745	69
Superfícies Naturais	19,6745	55	19,6745	55
Corpos d'água	7,52	98	7,52	98
Campinas	794,51	93,10	794,51	93,69
Campinas (CN AMC III)	794,51	96,88	794,51	97,16

Escoamento Superficial

A Tabela 5.27 apresenta a aplicação do Método SCS (Equações 5.15 à 5.18 do APÊNDICE E - item 5.3.1.5.3) do cenário atual e do ano de 2033 (*Global Orchestration*; *Order from Strength*), nos quais se adotou o evento mais crítico do município de Campinas em 2013, registrado na Estação da CEPAGRI (UNICAMP, 2014) - no dia 15 de março de 2013 - totalizando 74,7mm de precipitação (ANEXO F), a fim de exemplificar a relação direta entre o grau de impermeabilização das bacias com o aumento do escoamento superficial.

Tabela 5.27 – Cenários para os Componentes Hidrológicos

Componentes Hidrológicos		Bacias					
		Atibaia	Anhumas	Quilombo	Capivari	Capivari Mirim	Jaguari
Cenário Atual (2013)	Precipitação (mm)	74,7	74,7	74,7	74,7	74,7	74,7
	Infiltração (mm)	33,59	17,69	25,27	20,09	23,63	38,36
	Interceptação (mm)	6,72	3,54	5,05	4,02	4,73	7,67
	Escoamento (mm)	45,5	56,99	51,11	55,04	52,31	42,63
Cenário 2033 <i>Global Orchestration</i>	Precipitação (mm)	74,7	74,7	74,7	74,7	74,7	74,7
	Infiltração (mm)	8,15	8,18	8,23	8,23	8,23	38,36
	Interceptação (mm)	1,63	1,64	1,65	1,65	1,64	7,67
	Escoamento (mm)	65,73	65,71	65,65	65,65	65,65	42,63
Cenário 2033 <i>Order from Strength</i>	Precipitação (mm)	74,7	74,7	74,7	74,7	74,7	74,7
	Infiltração (mm)	7,42	7,42	7,45	7,48	7,45	38,36
	Interceptação (mm)	1,48	1,49	1,49	1,49	1,49	7,67
	Escoamento (mm)	66,47	66,47	66,45	66,42	66,45	42,63

Enquanto a Figura 5.46 e a Figura 5.47 apresentam uma comparação entre esses escoamentos superficiais estimados para o cenário atual (2013) e os cenários de 2033: *Global Orchestration (GO)* e *Order from Strength (OS)*, respectivamente. A partir da elaboração dos cenários prospectivos reativos de 2033, é possível estabelecer uma relação de aumento das lâminas de escoamento superficial, ao tomar como referência o cenário atual (2013); com exceção da Bacia do Jaguari, na qual foram mantidas as características de uso e ocupação do solo, já que não se encontra urbanizada.

Figura 5.46 - Comparação do Escoamento entre os Cenários: Atual e GO

Figura 5.47 - Comparação do Escoamento entre os Cenários: Atual e OS

No entanto, é importante salientar que esses valores de lâmina de escoamento podem ser melhor aferidos pela criação de uma rede de monitoramento hidrológico das

diferentes sub-bacias do município, a coexistência de dados pluviográficos, bem como as variações futuras de uso e ocupação do solo.

Ademais, esse acréscimo de escoamento superficial pode implicar em uma maior pressão ou alterações nos parâmetros de vazões máximas adotadas para o dimensionamento de estruturas de microdrenagem, como: galerias, poços de visita, bocas de lobo, tubos de ligação, meio-fio, sarjetas, etc. No entanto, maiores estudos e levantamentos de dados devem ser realizados para embasar tais redimensionamentos.

Pontualmente, o presente programa de controle de poluição difusa para microdrenagem originada por resíduos sólidos urbanos visa contribuir através da proposição de alguns dispositivos ou adaptações dos atuais sistemas de drenagem urbana, a fim de reter tais materiais, proporcionando a desobstrução do seu funcionamento (Figura 5.48), em benefício da prestação de serviço de limpeza urbana.

Figura 5.48 - Resíduos Sólidos na Microdrenagem da Área Central de Campinas

FONTE: Autor, 2013

B) Dispositivos de Controle de Poluição Difusa originada de Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem

O aumento da vazão de escoamento superficial para os cenários reativos *Global Orchestration* e *Order from Strength* até 2033 pode ser mais preocupante do que uma simples notação numérica; uma vez que esse volume de água que escoar sobre as superfícies, também estará aliado a uma maior velocidade e consequentemente, a possibilidade de um maior aporte de resíduos sólidos pelas águas pluviais.

Portanto, torna-se viável que sejam instalados dispositivos de controle/retenção dos resíduos sólidos urbanos, a fim de que estes não atinjam ou obstruam os sistemas de microdrenagem; já que além de seus incontestáveis impactos ambientais, podem onerar

o serviço público de limpeza urbana. A seguir, são elencados alguns dispositivos que podem ser acoplados à microdrenagem, a fim de controlar a poluição difusa:

- protetores de boca de lobo (Figura 5.49 e Figura 5.50) - são dispositivos ou telas removíveis, fabricados em chapa expandida de aço carbono, indicados para a retenção de detritos, resíduos sólidos, etc. Sua instalação é feita sob a tampa da boca de lobo e a limpeza realizada periodicamente, através da remoção da tampa e descarga do reservatório pela equipe de limpeza de drenagem urbana (PERMETAL, 2013) e (TOMAZ, 2006). Inclusive, o modelo apresentado pela Figura 5.50 vem acoplado a um software, o qual gerencia a saturação dos bueiros e bocas de lobo;

Figura 5.49 - Tipo de Dispositivo de Proteção de Boca de Lobo

FONTE: PERMETAL, 2013

Figura 5.50 - Protetor de Boca de Lobo

FONTE: ECCO SUSTENTÁVEL, 2014

- boca de lobo separadora de detritos (Figura 5.51) - funciona através do conceito de força centrípeta, ou seja, os resíduos sólidos são carreados pela força de rotação e despejados em uma grade, enquanto a água escoar pela lateral. Em virtude da velocidade de escoamento proporcionada por esse sistema, não ocorre entupimentos, o que favorece a captação de resíduos acumulados nas sarjetas. De acordo com Neves e Tucci (2008), este dispositivo é enterrado - área de 10 a 20m² - de forma a desviar a vazão e os

poluentes associados para um compartimento de separação, estes por sua vez ficam em movimento constante, o que evita o bloqueio da placa perfurada. Como resultado, os sólidos sedimentáveis são atraídos pela gravidade e os suspensos flutuam na superfície da água;

Figura 5.51 - Esquema de Separador Centrípeto

FONTE: ARMITAGE ET AL., 1998

- pavimento permeável (Figura 5.52) - de acordo com Tomaz (2006) e Urbonas (1993) consiste em pavimentos de asfalto ou concreto, sem agregados finos (menores que 600μ) - com vazios de 40% (asfalto) e 17% (concreto) - geralmente, empregados em estacionamentos, pátios, *playgrounds*, etc. Essa medida estrutural, através da redução de área impermeável, permite com que se promova a recarga de águas subterrâneas, de forma a melhorar a qualidade das águas pluviais. Sua eficiência pode chegar a 95% de remoção de Sólidos Suspensos Totais, no entanto depende de operação técnica especializada, para evitar possíveis contaminações.

Figura 5.52 - Corte de um pavimento permeável

FONTE: TOMAZ, 2006

- estruturas autolimpantes (Figura 5.53) - segundo Armitage *et al.* (1998), a água pluvial empurra os resíduos sólidos, promovendo a limpeza da tela ou grade, que por sua vez ficam armazenados em um local, onde a limpeza pode ser efetuada

periodicamente. Um exemplo é o SCS (*Stormwater Cleaning Systems*) que força o escoamento sobre o vertedor e o gradeamento com inclinação de 45° em direção ao compartimento. Tal sistema suporta altas vazões, requer pouca manutenção e é de fácil limpeza;

Figura 5.53 - Esquema do *Stormwater Cleaning System*

FONTE: NEVES E TUCCI (2008)

- dispositivos de retenção de sólidos grosseiros (Figura 5.54) - onde ficam contemplados os resíduos de tamanhos diversos e vegetação. Geralmente, são construídos ao longo de vias, estradas, etc;

Figura 5.54 - Dispositivo de retenção de sólidos grosseiros

FONTE: RIGHETTO, 2009

Apesar do recorte do presente programa ser voltado às estruturas de microdrenagem, a seguir serão propostas também duas medidas de controle de poluição difusa voltadas para a macrodrenagem, tendo em vista a relevância dos impactos

resultantes do inadequado gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos sobre os recursos hídricos propriamente ditos.

- telas de margens e/ou cercas vivas (Figura 5.55) - telas posicionadas nas margens de rios ou córregos, com a finalidade de deter o despejo de resíduos sólidos/detrítos nos leitos dos rios. Esse instrumento de retenção pode ser construído através do plantio de pequenos arbustos e cobertura vegetal. De forma que, os resíduos retidos nos dispositivos, devam ser removidos, periodicamente, por meio da varrição da limpeza urbana. Ainda na Figura 5.55, uma plantação de Capim Cidreira (*Cymbopogon Citratus*), comumente empregada nas cercas vivas e outro exemplo de aplicação em área urbana para o isolamento de canais (EROSÃO GOETZKE, 2013).

Figura 5.55 - Exemplos de Cerca Viva em Área Urbana

FONTE: EROSÃO GOETZKE, 2013

- faixas de filtro gramadas (Figura 5.56) - áreas cobertas com grama, a fim de filtrar a água de escoamento superficial laminar por meio da vegetação e promover a infiltração, ao receber águas pluviais das áreas permeáveis e impermeáveis - como estradas, passeios, estacionamentos (TOMAZ, 2006). Segundo o autor, ainda não existem muitos dados para medir sua eficiência, diretamente ligada à largura da faixa por onde escoam as águas pluviais, sendo a remoção de Sólidos Suspensos Totais de 50%;

Figura 5.56 - Exemplo de faixa de filtro gramada

FONTE: TOMAZ, 2006

5.3.1.5.1 Custos Estimados

A planilha de custos estimados para algumas ações previstas no Programa de Controle de Poluição Difusa Originada dos Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem pode ser visualizada na Tabela 5.28. De modo que para maiores detalhes, são necessárias mais especificações a nível de projeto.

Tabela 5.28 - Custos Estimados para o PCPD

Especificação do Serviço	Custos Estimados (R\$)
Limpeza Mecanizada de Drenagem Urbana (eq/dia)	1241,40
Limpeza de Bocas de Lobo (un)	36,57
Limpeza Manual de Valetas (m)	5,17
Limpeza de Sarjeta e Meio - Fio (m)	0,24
Limpeza Manual de calhas (m)	2,59
Limpeza Manual de valas (m³)	40,72
Equipe de Serviços Gerais (eq/dia)	1541,04
Varrição Manual (km)	67,49
Operação de limpeza especial de calçadas (eq/dia)	1488,53
Boca de lobo c/ tampa de concreto (un)	2554,97
Instalação de protetores de boca de lobo (un)	-
Recomposição de Camada Vegetal (m³)	2,55
Instalação de cercas vivas (m²)	1,64
Instalação de faixas de filtro gramadas (m²)	2,90
Instalação de pavimentos permeáveis em áreas verdes (m²)	39,00
Instalação de pavimentos permeáveis em estacionamentos (m²)	58,00
Instalação de dispositivos de retenção de sólidos (m³)	87,00
Instalação de Estruturas Autolimpantes (m²)	-

5.3.2 Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos em Campinas sob a ótica do Decreto nº 7404/2010

A seguir serão discutidos alguns aspectos relevantes sobre como a atual Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos de Campinas poderia se adequar às exigências do Decreto Federal nº 7404/2010, de acordo com as propostas sugeridas no presente estudo de caso.

Do Título III Capítulo I, quanto à responsabilidade compartilhada da gestão de resíduos sólidos, o Art. 5º do Decreto nº 7404/2010 estabelece que os fabricantes, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços são responsáveis pelo ciclo de vida dos produtos. Ainda o Art. 6º considera que sempre que estabelecido sistema de coleta seletiva no município, os consumidores ficam obrigados a acondicionar e segregar seus resíduos sólidos de forma ambientalmente adequada.

Do Título III Capítulo II de Coleta Seletiva, prevê-se que o Sistema de Coleta Seletiva é um instrumento fundamental para se atingir a meta de disposição final ambientalmente adequada de rejeitos. Assim, no mínimo, deverão ser separadas e acondicionadas as frações seca e úmida, bem como priorizada a participação das Cooperativas e Associações de Catadores de Recicláveis – conforme sugestões inseridas nas Ações do Programa de Otimização da Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (5.3.1.2).

O Título III Capítulo III de Logística Reversa, consiste na adoção do instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado pelo conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. Atualmente, Campinas conta com algumas ações isoladas de logística reversa, como: Pontos de Entrega Voluntária vinculados à própria Prefeitura Municipal para resíduos eletrônicos; pontos de entrega de lâmpadas em lojas comerciais; pilhas e baterias em redes bancárias; óleos comestíveis em redes de supermercado. No entanto, ainda necessita-se evoluir quanto a essa questão, principalmente no sentido do Poder Público cadastrar e firmar Termos de Compromisso com os fabricantes.

O Título IV das Diretrizes Aplicáveis à Gestão e Gerenciamento dos Resíduos Sólidos trata principalmente, da ordem de prioridade na gestão e gerenciamento: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição

final ambientalmente adequada dos rejeitos, conforme abordagem a ser integrada nos Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social (item 5.3.1.1); Otimização da Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (item 5.3.1.2); Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana (5.3.1.3); Tratamento de Lixiviados do Aterro Sanitário Delta A em Reatores UASB (5.3.1.4) e Controle de Poluição Difusa na Microdrenagem Originada de Resíduos Sólidos Urbanos (5.3.1.5).

O Título V da Participação dos Catadores de Materiais Recicláveis e Reutilizáveis prevê que as Cooperativas e Associações de Catadores devem ser priorizadas na GIRS e contar com Ações e Programas Específicos nos Planos, de forma a melhorar suas condições de trabalho e remuneração – conforme sugestões inseridas nas Ações do Programa de Otimização da Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (5.3.1.2).

Do Título VI dos Planos de Resíduos, prevê-se que a limpeza e manejo de resíduos sólidos urbanos devem ser prestados, em conformidade com os Planos Municipais de Saneamento Básico - Decreto Federal nº 7217/2010 - o que coincide com as ações do Programa de Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana (5.3.1.3).

Por fim, o Título IX da Educação Ambiental na Gestão de Resíduos Sólidos prevê o aprimoramento do conhecimento, dos valores, do comportamento e do estilo de vida relacionados à gestão e gerenciamento ambientalmente adequados de resíduos sólidos - conforme sugestões a serem abordadas nos Programas de Educação Ambiental (PEA) e Comunicação Social (PCS) - item 5.3.1.1.

Nesse sentido, a partir da apresentação das propostas de Programas e Ações do presente estudo de caso de Campinas, será simulada a efetividade de uma das ferramentas de gestão integrada de resíduos sólidos: o Índice de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (I_{GRSU}) - voltado para os Planos Municipais de Saneamento Básico.

5.3.3 Análise de Efetividade das Ferramentas de GIRS – IGRSU

A Tabela 5.29 estabelece a relação existente entre cada variável do Índice de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (I_{GRSU}) e seus respectivos grupos de programas delineados no estudo de caso do município de Campinas, em busca da melhoria na gestão integrada de resíduos sólidos urbanos.

Tabela 5.29 - Relação entre I_{GRSU} e Programas do Estudo de Caso de Campinas

Indicadores	Programas
Indicador de Coleta Regular (I_{CR})	• Educação Ambiental (PEA) e Comunicação Social (PCS); • Otimização da Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (POCS).
Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (I_{QR})	• Educação Ambiental (PEA) e Comunicação Social (PCS); • Otimização da Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (POCS); • Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana (PCRLU); • Tratamento de Lixiviados do Aterro Sanitário Delta A em Reatores UASB (PTL).
Indicador de Tempo de Saturação de Vida Útil do Aterro (I_{SR})	• Educação Ambiental (PEA) e Comunicação Social (PCS); • Otimização da Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (POCS); • Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana (PCRLU); • Tratamento de Lixiviados do Aterro Sanitário Delta A em Reatores UASB (PTL).
Indicadores de Coleta Seletiva (I_{CS})	• Educação Ambiental (PEA) e Comunicação Social (PCS) • Otimização da Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (POCS).
Indicador de Pontos de Entrega Voluntária (I_{PEV})	• Educação Ambiental (PEA) e Comunicação Social (PCS); • Otimização da Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (POCS); • Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana (PCRLU).
Indicador de Reaproveitamento de Resíduos Domiciliares (I_{RRSD})	• Educação Ambiental (PEA) e Comunicação Social (PCS); • Otimização da Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (POCS).
Indicador de Varrição Manual (I_{VM})	• Educação Ambiental (PEA) e Comunicação Social (PCS); • Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana (PCRLU); • Controle de Poluição Difusa na Microdrenagem Originada de Resíduos Sólidos Urbanos (PCPD).
Indicador de Reaproveitamento de Resíduos de Limpeza Urbana (I_{RRLU})	• Educação Ambiental (PEA) e Comunicação Social (PCS); • Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana (PCRLU).
Indicador de Densidade de Resíduos Sólidos Urbanos na Drenagem (I_{PCPD})	• Educação Ambiental (PEA) e Comunicação Social (PCS); • Controle de Poluição Difusa na Microdrenagem Originada de Resíduos Sólidos Urbanos (PCPD).

Em suma, a Tabela 5.29 permite inferir que os programas propostos preveem ações complementares; uma vez que para diferentes indicadores secundários, os programas se repetem. Nesse sentido, destaca-se a importância dos Programas de Educação Ambiental (PEA) e Comunicação Social (PCS), que apesar de seguirem uma linha não estrutural, funcionam como alicerce para o desenvolvimento dos demais programas.

Desta maneira, já que o indicador deverá servir como um “termômetro” para as ações dos programas previstos no estudo de caso de Campinas (item 5.3.1), a Tabela 5.30 simula valores hipotéticos para o Índice de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (I_{GRSU}), caso os programas e ações sejam implementados, a fim de

testar a capacidade deste indicador em refletir cenários de adaptação à PNRS e à Lei nº 11.445/2007.

Tabela 5.30 - Determinação das Variáveis do I_{GRSU} de Campinas-SP

Variáveis para Cálculo do I_{GRSU} (unidades)	Valor Medido	Valor Atribuído
Total dos domicílios urbanos atendidos por coleta de RSD (%)	100,00	-
Total dos domicílios urbanos do município (%)	100,00	-
Total dos domicílios rurais atendidos por coleta de RSD (%)	100,00	
Total dos domicílios rurais do domicílio (%)	100,00	
I_{CR}	-	10,00
I_{QR} - Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (CETESB)	9,80	10,00
Tempo de saturação da vida útil do aterro (anos)	1,00	
I_{SR}	-	0,50
Domicílios urbanos com coleta seletiva/ total de domicílios (%)	100,00	-
Domicílios rurais com coleta seletiva/ total de domicílios (%)	100,00	
I_{CS}	-	10,00
População Atendida pelos PEVs (%)	50,00	
População Total (%)	100,00	
I_{PEV}	-	5,00
RSD recicláveis reaproveitados/ total de RSD gerado (%)	35,00	-
RSD orgânicos reaproveitados/ total de RSD gerado (%)	48,00	-
I_{RRSD}	-	10,00
km de varrição/ total das vias urbanas pavimentadas (%)	95,00	
I_{VM}	-	9,50
RLU reaproveitados/ total de RLU gerado (%)	100,00	
I_{RRLU}		10,00

Assim, para o **Indicador de Coleta Regular de Resíduos Domiciliares** (I_{CR}) foi considerado o Princípio da Lei nº 11.445/2007 de Universalização da Prestação de Serviços de Saneamento Básico, ou seja, 100% de coleta de resíduos domiciliares tanto para áreas urbanas quanto rurais.

O **Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos** (I_{QR}) considerou a metodologia proposta pela CETESB (2013) do IQR Nova Proposta e partiu do princípio de que Campinas atenderá a PNRS (Lei nº 12.305/2010) com manutenção da qualidade de seu aterro de rejeitos, o que o classifica como adequado.

Ao considerar que em 2014, o aterro sanitário Delta A encontra-se em sua fase final, já com a prorrogação de sua vida útil; caso seja licenciado um novo aterro de

rejeitos, de igual vida útil (20 anos), tem-se que em 2033, a situação do **Indicador de Tempo de Saturação de Vida Útil do Aterro (I_{SR})** será similar à atual. O estudo de viabilidade do Programa de Tratamento de Lixiviados do Aterro Sanitário Delta A em Reatores UASB (PTL) será fundamental para subsidiar o licenciamento do próximo aterro de rejeitos de Campinas, uma vez que ajuda a evitar a criação de um novo passivo ambiental.

A melhoria dos **Indicadores de Coleta Seletiva (I_{CS}), de Pontos de Entrega Voluntária (I_{PEV}) e de Reaproveitamento de Resíduos Domiciliares (I_{RRSD})** está diretamente ligada à efetividade dos Programas de Otimização da Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (POCS), de Educação Ambiental (PEA) e de Comunicação Social (PCS).

Para o **Indicador de Coleta Seletiva (I_{CS})** considera-se o atendimento ao princípio de universalização na prestação de serviços de saneamento básico, tanto para as áreas urbanas quanto rurais, ou seja, a abrangência de 100% da coleta seletiva. O **Indicador de Pontos de Entrega Voluntária (I_{PEV})** considerará o atendimento de 50% da população, o que representa a instalação de novos Pontos de Entrega Voluntária (1 PEV = 15.000 hab.), de acordo com as necessidades e crescimento populacional. Já o **Indicador de Reaproveitamento de Resíduos Domiciliares (I_{RRSD})** buscará alcançar o potencial de geração de recicláveis (35%) e reaproveitamento de orgânicos (48%).

O **Indicador de Varrição Manual (I_{VM})** considerará a extensão da varrição para todas as áreas pavimentadas da malha urbana - cerca de 95% das vias do município - ao invés de atender apenas as áreas centrais e de grande fluxo de pessoas. Além disso, a melhoria na prestação do serviço também está ligada diretamente à efetividade do Programa de Controle de Poluição Difusa na Microdrenagem Originada por Resíduos Sólidos Urbanos (PCPD), uma vez que a ampliação da varrição poderá ser atingida, através do abatimento de custos com a limpeza de bocas de lobo, calhas, valas, valetas, sarjetas, etc., devido à poluição originada pelos RSU.

O **Indicador de Reaproveitamento de Resíduos de Limpeza Urbana (I_{RRLU})** dependerá a princípio, da efetividade dos Programas de Educação Ambiental (PEA) e de Comunicação Social, a fim de que os resíduos de limpeza urbana (RLU) não estejam misturados aos resíduos domiciliares. A partir da coleta dos RLU de forma segregada, será possível colocar em prática o Programa de Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana (PCRLU), a fim de tratar a totalidade dessa classe de resíduos de forma ambientalmente adequada.

O **Indicador de Densidade de Resíduos Sólidos Urbanos na Drenagem** (I_{PCPD}) ainda não foi considerado na ponderação do I_{GRSU} , devido à ausência de dados comparativos. No entanto, ressalta-se a sua importância na gestão integrada e desoneração da prestação de serviços de saneamento básico, uma vez que envolve tanto os resíduos sólidos quanto a drenagem urbana.

Desta forma, a ponderação desses indicadores de segunda ordem resulta no valor do **Índice de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos** (I_{GRSU}) de 8,28 para o ano de 2033 - o qual, se enquadra como Salubre - frente aos 5,39 calculados para o ano de 2014, conforme Figura 5.57.

Figura 5.57 – Análise de Efetividade do I_{GRSU}

Portanto, a criação de indicadores - como ferramentas de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos - contribui efetivamente como instrumento de medida para os objetivos, metas, programas e ações traçados pelos prestadores de serviço, uma vez que evidencia a evolução ou possíveis falhas no sistema de gestão.

No caso de Campinas, com a implementação dos Programas e Ações acima propostos durante a vigência do Plano Municipal de Saneamento Básico, o município tem condições de passar de uma situação de “Média Salubridade” para “Salubre”, através de um sistema de avaliação contínua, no âmbito da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos.

5.4 DESAFIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DAS POLÍTICAS NACIONAIS DE SANEAMENTO BÁSICO E RESÍDUOS SÓLIDOS

Reconhecido o mérito da promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos como um marco de avanço no setor ambiental brasileiro; devido a uma conquista que vinha sendo delineada desde o Projeto de Lei 203 – apresentado em 1991 – e que passou a receber tratamento especial apenas em 2005, quando foi consolidada pelo grupo de trabalho multicameral; ainda, nota-se que o caminho a ser percorrido para que as exigências da PNRS sejam incorporadas à gestão integrada de resíduos sólidos é bastante longo e tortuoso.

Tal afirmação é evidenciada pelo baixo atendimento à exigência de elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, os quais eram previstos para agosto de 2012; além do caso mais recente, dos Planos Municipais de Saneamento Básico, os quais deveriam estar em exercício até 2014. Nesse ínterim, em decorrência de menos de 30% dos municípios brasileiros terem elaborado seus PMSB, o governo federal não teve alternativa a não ser lançar o Decreto nº 8.211/2014, o qual prorrogou o prazo final até dezembro de 2015.

Diante dessa situação, o que se nota é que a problemática transcende a apenas um esforço conjunto das gestões municipais, estaduais e federais em elaborar diretrizes e planos para a gestão de resíduos em seus territórios; uma vez que esbarra em diversos conflitos, os quais necessitam ser solucionados a fim de que a PNRS realmente seja cumprida à risca.

Nesse sentido, o primeiro ponto que merece destaque é a delimitação dos princípios da PNRS, que abordam - por exemplo - o “protetor recebedor” e a “formação de microrregiões ou mesmo os Consórcios Intermunicipais”, os quais serão priorizados no acesso aos recursos da União. A proposta não deixa de ser válida, no entanto os mecanismos para viabilizá-la no cenário brasileiro são bastante complexos, uma vez que envolvem questões políticas, sociais, econômicas e ambientais, que necessitam ser superadas.

O princípio da “responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos” só passará a ser efetivo quando houver um misto de legislações locais específicas, fiscalização do seu cumprimento, bem como a confiabilidade nos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos - exigidos pelo Art. 20 da Lei nº 12.305/2010 – de

modo a contemplar as responsabilidades dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, previstas no Art. 31.

Em países da União Europeia, por exemplo, um princípio similar é o de “responsabilidade estendida do produtor”, o qual se fundamenta em programas de reuso, compra de retornáveis ou recicláveis e produção de energia. Já no Japão, uma série de regulamentações – como, a Lei da Reciclagem de Embalagens e a Lei de Promoção de Compras Ecológicas, garantem a efetividade no cumprimento do princípio. Além disso, no Brasil ainda nota-se a ausência de uma regulamentação que exija que os fabricantes comercializem a granel, ou usem embalagens retornáveis, recicláveis, bem como versões econômicas dos produtos.

Um bom exemplo de civilidade e responsabilidade ambiental pôde ser vivenciado durante os jogos da Copa do Mundo em 2014, realizada no Brasil; em que os japoneses realizaram a coleta seletiva de seus resíduos após o término da partida, com os sacos que usaram como balões durante os jogos. O bom exemplo que na verdade, deveria ser uma prática comum a todos, foi recebido com surpresa por parte dos demais espectadores e causou mais impacto ainda, aos japoneses que mantêm a prática como um hábito cotidiano.

O princípio do “reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania” traz à tona a situação das Associações e Cooperativas de Catadores, as quais devem ser incorporadas às ações de participação no processo de gestão integrada de resíduos sólidos.

No entanto, esse princípio vem de encontro com um dos objetivos da PNRS - de não geração, redução, reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos - no qual a participação de um determinado grupo na gestão está vinculada à última etapa do processo (reciclagem). Enquanto o item que deve ser priorizado é o primeiro - a “não geração”, seguida da redução; os quais implicam em medidas para que se minimize a geração do “bem econômico e de valor social”. Outros fatores que merecem ao menos uma reflexão no contexto das Associações e Cooperativas de Catadores são:

- as condições insalubres que a maioria delas se encontram no Brasil, muitas vezes sucateadas e sem as devidas licenças para o seu funcionamento;
- a criação de regulamento específico pela União para melhorar as condições de trabalho dos catadores e promover sua inclusão social, ao passo que incentivar o fortalecimento de uma classe trabalhista insalubre, nem sempre está vinculado à

promoção da cidadania e melhoria da qualidade de vida desses trabalhadores, prevista pela Constituição Federal de 1988.

Já em países da União Europeia, caminha-se pelo princípio da prevenção - através da melhoria dos processos produtivos e da exigência por produtos mais sustentáveis por parte da população - além de metas para reciclagem, as quais são fortalecidas pelo estabelecimento de padrões mínimos de reciclagem, aliados à cobrança de impostos pelos resíduos, ou mesmo, o pagamento pelo descarte.

O Art. 33 da PNRS aborda ainda, a obrigatoriedade de logística reversa para uma série de produtos e embalagens, como agrotóxicos, pneus, lâmpadas fluorescentes, pilhas, baterias, etc.; no entanto, não há regulamento específico, para fármacos gerados nas residências, por exemplo. Esse tipo de resíduo sólido acaba por se misturar aos resíduos domiciliares e pode muitas vezes representar risco à saúde pública e ao meio ambiente.

No Japão, a lista de resíduos passíveis de logística reversa não se restringe apenas àqueles amplamente considerados como perigosos, mas também às embalagens dos produtos, aparelhos eletrônicos, resíduos de construção, resíduos alimentares, veículos no fim de vida, etc. Essa série de regulamentações contribui para a formação de uma sociedade, na qual se minimiza o consumo de recursos naturais e a carga ambiental sobre eles, através da prevenção de que esses produtos se tornem rejeitos.

Além do mais, uma das inovações da PNRS foi estabelecer em seu Art. 54, a meta para 2014 de assegurar a disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, a qual vem sendo abordada - pelos titulares de serviço, ABES (2014A) e Jardim *et al.* (2012) - como erradicação dos lixões; ou seja, há uma interpretação dúbia da Lei, a qual não deveria existir. Uma vez que a PNRS define claramente o conceito de rejeito, como “aqueles resíduos sólidos, que findadas as possibilidades de tratamento e recuperação pelos processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada”; e que essa disposição citada, compreenda “a distribuição ordenada de rejeitos em aterros - a qual observe normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública, segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos”.

Vale ressaltar também que o tratamento e recuperação dos resíduos sólidos por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis ainda necessita de um fortalecimento no cenário brasileiro, através do fomento à pesquisa e desenvolvimento dessas tecnologias pela liberação de linhas de financiamento voltadas à sua viabilização

dentro das gestões municipais, a fim de que se atinja a meta de dispor apenas os rejeitos nos aterros. Isso porque os métodos de tratamento mais difundidos no Brasil não garantem essa totalidade, como a compostagem – nem toda massa de fração orgânica é compostável - e a coleta seletiva porta a porta vinculada à reciclagem, a qual além de depender de programas efetivos de educação ambiental e comunicação social, ainda enfrenta a limitação de não conseguir abarcar toda a fração reciclável gerada.

Em se tratando dos princípios da Política Nacional de Saneamento Básico, podem ser destacados alguns, como: a “universalização do acesso”, a qual não deveria ser implantada, com distinção entre áreas urbanas e rurais para a prestação de serviços - apesar de muitos contratos de prestadoras se restringirem às infraestruturas urbanas; o princípio da integralidade apresenta um caráter restritivo e segregador, haja vista que parte da população – muitas vezes, representada pelas faixas mais carentes - não tem acesso aos serviços, em conformidade com suas necessidades.

E, por fim, o princípio de “integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos”, uma vez que são raras as iniciativas de se tratar as questões de saneamento, de maneira conjunta e integrada entre os prestadores de serviço; como por exemplo - o tratamento conjunto de lixiviados de aterro com o esgoto sanitário, ou a poluição difusa na drenagem urbana originária de resíduos sólidos.

Em suma, enquanto algumas barreiras conceituais, metodológicas, técnicas, financeiras, legislativas e operacionais não forem ultrapassadas, dificilmente será alcançado um atendimento satisfatório das exigências das Políticas Nacionais de Resíduos Sólidos e de Saneamento Básico.

6. CONCLUSÃO

Nos últimos anos, a regulamentação das questões ambientais tem ganhado notoriedade no cenário nacional; principalmente, por vetar acesso aos recursos geridos pela União, àquelas municipalidades que não se adequarem aos princípios das novas políticas, através das Leis Federais nº 11.445/2007 e 12.305/2010 e seus respectivos Decretos nº 7.217/2010 e 7.404/2010.

Frente a esse cenário de adequação ambiental, é possível notar uma grande dificuldade por parte dos gestores públicos em desenvolver seus Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), seja por falta de informações, de confiabilidade e espacialização dos dados, de corpo técnico especializado, de capacitação técnica para extrair e cruzar as informações em um banco de dados; ou até mesmo, de vontade política. Nesse sentido, reforça-se a necessidade de criação de ferramentas que sirvam como instrumento para uma gestão integrada de resíduos sólidos urbanos (GIRS), a fim de preencher lacunas metodológicas e auxiliar na elaboração dos PMSB.

Para tanto, a presente Tese focou-se na proposição de metodologias para a criação de Cenários e Indicadores, com o intuito de auxiliar nas tomadas de decisões referentes aos resíduos sólidos urbanos. Paralelamente, foram propostos programas e ações para o estudo de caso de Campinas, no intuito de analisar a efetividade das ferramentas de gestão testadas. Deste modo, conforme os objetivos específicos delineados:

Objetivo Específico 1 - Identificar o Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos

Reconhecer a realidade do território a ser planejado é fundamental para que as políticas públicas sejam delineadas, de forma mais concisa e eficaz. Para tanto, a identificação do Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos permitiu traçar um panorama do gerenciamento desses resíduos – desde a geração até sua destinação final; apontando, inclusive, suas inconsistências.

A título de exemplo, têm-se a baixa eficiência da coleta seletiva de recicláveis (2,09%), a alta demanda por programas de educação ambiental e comunicação social efetivos, a inexistência do tratamento de resíduos de limpeza urbana – os quais, por serem bastante volumosos, interferem bruscamente na vida útil dos aterros – a inexistência de um tratamento para os lixiviados de aterro, bem como de medidas para

avaliação da influência e controle da poluição difusa originária de resíduos sólidos urbanos na microdrenagem.

Objetivo Específico 2 - Propor metodologias para a elaboração de cenários futuros, referentes ao Prognóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos

A partir dessas metodologias - de cenários extrapolativos e prospectivos - destaca-se um avanço na forma como são abordados os prognósticos dos mais variados planos ambientais, uma vez que se parte do pressuposto da incerteza do futuro; ou seja, da simulação de diferentes tendências, baseadas não só na tradicional projeção de geração média per capita de RSU x crescimento populacional; mas também nos aspectos econômicos e impactos ambientais advindos das diferentes formas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e práticas sustentáveis adotadas.

Tal abordagem possibilita ao tomador de decisão, visualizar as consequências resultantes de diferentes situações, prever cenários críticos e a partir deles, estabelecer planos de emergência e contingência, etc.

Objetivo Específico 3 - Propor e avaliar a efetividade de metodologias para o Índice de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (I_{GRSU})

O Índice de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (I_{GRSU}) permite traçar um perfil da atual prestação de serviço e promover uma comparação com o “cenário futuro”, caso as ações estabelecidas no PMSB sejam adotadas até 2033. Desta forma, o indicador serve como um “termômetro” para a análise de efetividade do plano, ao pontuar o cumprimento ou não dos objetivos e metas previstos.

Numa simulação de análise temporal de vigência do Plano Municipal de Saneamento Básico, o I_{GRSU} pode passar de uma pontuação de 5,39 (média salubridade) para 8,28 (salubre), caso os programas e ações previstos sejam implementados.

Além disso, através do estudo de caso de Campinas, tornou-se possível priorizar programas e ações para a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos, a fim de atender aos objetivos e metas apontados durante as fases de diagnóstico e prognóstico. Ademais, o estudo de caso permite com que o indicador comprove sua efetividade na avaliação contínua, a qual está diretamente ligada à sua capacidade de reflexão da realidade.

Objetivo Específico 4 – Elaborar Programas e Ações voltados à Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos, para o estudo de caso de Campinas-SP

Os Programas e Ações, além de promoverem a análise de efetividade do indicador, abordam possíveis soluções para a melhoria na gestão integrada de resíduos sólidos urbanos no município de Campinas, ao tratar questões latentes como a educação ambiental, comunicação social, otimização da coleta seletiva, compostagem dos resíduos de limpeza urbana, tratamento conjunto de lixiviados de aterro sanitário e esgoto, bem como o controle da poluição difusa na microdrenagem.

De maneira geral, o estabelecimento de Ferramentas de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos contribui para a gestão pública - como instrumento de medida de efetividade ou desempenho na prestação de serviços de saneamento básico - ao passo que evidencia a evolução ou as possíveis falhas no sistema de gestão.

7. RECOMENDAÇÕES

Para uma adequada Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos em consonância com os Planos Municipais de Saneamento Básico, torna-se fundamental que ferramentas - como cenários e indicadores - sejam estudadas a fim de subsidiar o desenvolvimento das ações. Assim, para que essas ações sejam permanentes e tenham efeitos sinérgicos, algumas recomendações para trabalhos futuros podem ser sugeridas:

- Priorizar junto aos prestadores de serviço de saneamento básico, o levantamento, a atualização, a divulgação e o compartilhamento intersetorial de dados de diagnóstico, os quais possibilitem estabelecer um panorama do município;
- Quantificar os resíduos de limpeza urbana (RLU), para que se tenha uma pesagem distinta dos RSD aterrados, ao invés de apenas um valor global de RSU;
- Organizar dados de Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos, a fim de alimentar um banco de dados georreferenciado, bem como aproximar os cenários prospectivos da realidade, em cada relatório de atualização do PMSB;
- Disponibilizar um Sistema Integrado de Informações de Saneamento Básico (SIISB), atualizado anualmente pelos prestadores de serviço, a fim de subsidiar o banco de dados que servirá para a elaboração dos relatórios quadrienais do Plano de Saneamento Básico (PMSB);
- Estudar metodologias alternativas para a inclusão de uma maior gama de condicionantes e variáveis quantitativas nas estimativas do Prognóstico, como por exemplo, a cobertura de gerenciamento de resíduos sólidos;
- Atualizar, periodicamente, os prognósticos de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos - de acordo com as tendências obtidas através das séries históricas dos dados fornecidos pelo SIISB - os quais permitam a obtenção de cenários mais próximos da realidade;
- Estudar outras metodologias para a simulação de cenários, as quais não sejam fundamentadas apenas em condições críticas de gerenciamento; como, por exemplo, um cenário de crescimento com medidas proativas - tendo em vista sempre as metas da Política Nacional de Resíduos Sólidos;
- Incorporar no Índice de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos de Campinas (IGRSU) alguns índices de hierarquização; de modo a ponderar e priorizar

em cada variável considerada, aquelas áreas mais críticas ou regiões que mais necessitem de atendimento;

- Estudar a possibilidade de inclusão de um indicador de avaliação das condições de salubridade entre aqueles que manuseiam os resíduos sólidos, na ponderação do IGRSU;
- Incorporar aos programas e ações, políticas públicas que fortaleçam o setor rural dos municípios, garantindo sua manutenção e o acesso a serviços; por exemplo, nas revisões das Leis de Uso e Ocupação dos Solos.

Mais especificamente para o estudo de caso de Campinas-SP, também podem ser elencadas algumas recomendações em benefício do Plano Municipal de Saneamento Básico, instituído pelo Decreto Municipal nº 18.199/2013:

- Propor Programas e Ações setoriais, tomando as bacias hidrográficas como unidades de planejamento, assim como nos demais Planos Ambientais do município - de forma a priorizar áreas e serviços críticos, bem como suprir as deficiências específicas para cada situação;
- Implantar, executar e monitorar os Programas e Ações de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos sugeridos para a otimização do PMSB de Campinas, a fim de aperfeiçoar a prestação dos serviços e eliminar possíveis entraves operacionais;
- Levantar informações referentes ao monitoramento hidrológico de sub-bacias inseridas no município, a fim de impor maior precisão aos cálculos de vazão e consequentemente, ao dimensionamento das obras de microdrenagem - que tem relação direta com o controle da poluição difusa originada de resíduos sólidos urbanos.

8. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. 2012. Disponível em: <http://www.agenciapcj.org.br/novo/index.php>. Acesso em 10 de março de 2015.

ALCAMO, J.; VUUREN, D. van; Cramer; W. **Scenarios: Findings of the Scenarios Working Group**. 2008. World Resources Institute.

ALCAMO, J.; VUUREN, D. van; Cramer; W. **Changes in Ecosystem Services and Their Drivers across the Scenarios**. 2008. Chapter 9. Scenarios: Findings of the Scenarios Working Group. World Resources Institute.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AWWA and WEF, 2005, **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association, Washington D.C., 21th ed.

ARES – PCJ - Agência Reguladora dos Serviços de Saneamento das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. 2014. **Situação dos PMSB regulados pela ARES-PCJ**. Disponível em: <http://www.arespcj.com.br/>

ARMIGO, C.; PUMA, A.; OJEDA, S. 2011. **A set of indicators for waste management programs**. 2011 2nd International Conference on Environmental Engineering and Applications IPCBEE vol.17 (2011) © (2011) IACSIT Press, Singapore.

ARMITAGE, N. et al. **The removal of urban litter from stormwater conduits and streams**. Water Research Commission. Report No. TT 95/98, Pretoria, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). 2014B. **Copa do Mundo x Saneamento Básico: se o critério de classificação do mundial fossem as condições sanitárias**. Disponível em: http://abes-dn.org.br/Artigos/b2_artigo22.php. Acesso em 11 de junho de 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. 2012. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/>. Acesso em 27/06/2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE; INTERNATIONAL SOLID WASTES ASSOCIATION – ISWA; SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO – SMA/SP. 2012. **Resíduos Sólidos: Manual de Boas Práticas no Planejamento**. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/files/2013/03/Manual-Boas-Praticas.pdf>. Acesso em 03 de abril de 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). 2014A. **ABES Informa nº 361**. Disponível em: <http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/abesinfor/ABESInforma361.pdf>. Acesso em 01 de abril de 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). 2013A. **ABES Informa nº 349**. Disponível em: <http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/abesinfor/ABESInforma349.pdf>. Acesso em 10 de outubro de 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). 2013B. **ABES Informa nº 348**. Disponível em: <http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/abesinfor/ABESInforma348.pdf>. Acesso em 10 de outubro de 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). 2013C. **ABES Informa nº 347**. Disponível em: <http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/abesinfor/ABESInforma347.pdf>. Acesso em 10 de outubro de 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). 2013D. **ABES Informa nº 344**. Disponível em: <http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/abesinfor/ABESInforma344.pdf>. Acesso em 09 de outubro de 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). 2013E. **ABES Informa nº 310**. Disponível em: <http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/abesinfor/ABESInforma310.pdf>. Acesso em 11 de outubro de 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). 2012A. **ABES Informa nº 304**. Disponível em: <http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/abesinfor/ABESInforma304.pdf>. Acesso em 11 de outubro de 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). 2012B. **ABES Informa nº 303**. Disponível em: <http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/abesinfor/ABESInforma303.pdf>. Acesso em 11 de outubro de 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). 2012C. **ABES Informa nº 302**. Disponível em: <http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/abesinfor/ABESInforma302.pdf>. Acesso em 11 de outubro de 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2004) **NBR 10004 – Resíduos sólidos – classificação**. Rio de Janeiro, ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1996) **NBR 13.591: Compostagem - Terminologia**, Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1992). **NBR 8419 – Apresentação de Projetos de Aterros Sanitarios de Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro, ABNT.

BASHIR, M.J.K., AZIZ, H.A., YUSOFF, M.S., AZIZ, S.Q., MOHAJERI, S. 2010. **Stabilized sanitary landfill leachate treatment using anionic resin: Treatment optimization by response surface methodology.** *Journal of Hazardous Materials* 182 (2010) 115–122.

BATISTA, M.S. **Escoamento: conceito, classificação e formação.** 2007. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Material de apoio à Disciplina de Hidrologia Aplicada da Área de Recursos Hídricos.

BATISTA, M. E. M.; SILVA, T. C. **O modelo ISA/JP – Indicador de Performance para diagnóstico do saneamento ambiental urbano.** *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro: ABES, v. 11, jan./mar. 2006.

BOCCHIGLIERI, M.M. **O lixiviado dos Aterros Sanitários em Estações de Tratamento dos Sistemas Públicos de Esgoto.** 2010. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação de Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública - Universidade de São Paulo (USP).

BOHDZIEWICZ, J.; KWARCIK, A. 2007. **The application of hybrid system UASB reactor-RO in landfill leachate treatment.** *Desalination* 222 (2008) 128–134.

BOYLE, W.C.; HAM, R.K. 1974. **Biological treatability of landfill leachate.** *Journal of Water Pollution Control Federation*, v. 46, n. 5, p. 860-873, 1974.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; MIERZWA, J.C.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental – o desafio do desenvolvimento sustentável.** 2005. 2ª edição. Editora Pearson Prentice Hall. São Paulo.

BRASIL. 1981. **Lei nº 6938/1981 - Política Nacional de Meio Ambiente.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

BRASIL. 1988. **Constituição da República Federativa Brasileira de 1988.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

BRASIL. 1999. **Lei nº 9795/1999 - Política Nacional de Educação Ambiental.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

BRASIL. 2001. **Lei nº 10.257/2001 - Estatuto das Cidades.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

BRASIL. 2007. **Lei nº 11.445/2007 - Política Nacional de Saneamento Básico.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

BRASIL. 2010. **Lei nº 12305/2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

BRASIL. 2010. **Decreto Federal nº 7.404 - Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

BRASIL. 2010. **Decreto Federal nº 7.217 - Política Nacional de Saneamento Básico**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

BRASIL. 2014. **Decreto Federal nº 8.211 - Altera o Decreto nº 7.217/2010**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. 2014. **Programa Nacional de Capacitação das Cidades**. Disponível em: <http://www.capacidades.gov.br/>. Acesso em 10 de março de 2015.

BRASIL, MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. 2005. **Programa de Comunicação Ambiental - Projeto Básico Ambiental (PBA). Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**. 2255-00-PBA-RL-0001-00.

BRIGUENTI, E. C. **O Uso de Geoindicadores na Avaliação da Qualidade Ambiental da Bacia do Ribeirão Anhumas, Campinas/SP**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Campinas-SP.

BRINGUENTHI, J. R.; GUNTHER, W. M. R. 2011. **Social participation in selective collection program of municipal solidwaste**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, 2011, Vol.16(4), p.421.

BURSTYN, M. **No meio da rua - nômades, excluídos e viradores**. Garamond, 2002.

CAMPINAS. 2014. **Clipping Eletrônico de Campinas**. Disponível em: <https://eclip.campinas.sp.gov.br/>. Acesso em 28 de março de 2014.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal. **Lei Nº 12.585 de 28 de Junho de 2006. Dispõe sobre a instituição de metas e Índices de Desempenho Ambiental no Município de Campinas e dá outras providências**. Campinas: Coordenadoria Setorial de Documentação – Biblioteca Jurídica; 2006.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal. **Decreto Municipal nº 18.199 de 19 de dezembro de 2013. Institui o Plano Municipal de Saneamento Básico de Campinas e dá outras providências**. Campinas: Coordenadoria Setorial de Documentação – Biblioteca Jurídica; 2006.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal. **Decreto Municipal nº 18.356/2014. Dispõe sobre o Grupo de Acompanhamento do Plano Municipal de Saneamento Básico**. Campinas: Coordenadoria Setorial de Documentação – Biblioteca Jurídica; 2006.

CASTRO, M.C.A.A. (2001). **Avaliação de um sistema australiano de lagoas no tratamento conjunto de esgoto sanitário e líquidos percolados gerados em aterro sanitário**. São Carlos. Doutorado em Hidráulica e Saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. 2012. **CEMPRE CICLOSOFT 2008**. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/>

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. 2015. **CEMPRE INFORMA n° 139 ano 23**. Disponível em: <http://cempre.org.br/cempre-informa/m/edicao/139>. Acesso em 20 de março de 2015.

CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. 2014. **Dados Pluviométricos Diários** – Estação Meteorológica da CEPAGRI – UNICAMP 22°48'57"S, 47°03'33"W, 640m – Campinas – SP

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2009. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares (IQR)**. Governo do Estado de São Paulo - Secretaria do Meio Ambiente.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. 2012. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares 2011**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/>

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. 2013. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2012**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/>

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. 2013. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2013**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/residuos-solidos/residuosSolidos2013.pdf>

CHERNICHARO, M.C.A.A; HAANDEL, A.V.; AISSE, M.M.; CAVALCANTI, P.F.F. (1999) **Reatores anaeróbios de manta de lodo**. In: Campos, J.R. (coordernador) **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no tratamento de esgotos sanitários por processo aneróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro. ABES, 1999, 435 p.

CHERNICHARO, C.A.L; VON SPERLING, M. 1997. **Reatores Anaeróbios**. Vol. 5. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1997.

COBRAPE – COMPANHIA BRASILEIRA DE PROJETOS E EMPREENDIMENTOS. 2012. **Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos da Macrometrópole Paulista**. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br/>

COBRAPE - COMPANHIA BRASILEIRA DE PROJETOS E EMPREENDIMENTOS. 2009. **Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí 2010 – 2020**. Disponível em: <http://www.comitepcj.sp.gov.br/>

COMPANHIA DO DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DA BAHIA (CONDER). 2005. Manual de Operação de Aterros Sanitários. Disponível em: http://www.conder.ba.gov.br/manual_aterro.pdf. Acesso em 30 de agosto de 2011.

CONESAN - CÂMARA TÉCNICA DE PLANEJAMENTO DO CONSELHO ESTADUAL DE SANEAMENTO. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras, São Paulo. 1999. **ISA – Indicador de Salubridade Ambiental, Manual Básico**. São Paulo.

CONFERÊNCIA DE TBILISI. 1977. **Algumas recomendações da Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental aos Países Membros**. Tbilisi, CEI, de 14 a 26 de outubro de 1977.

CONTRERA, R. C. 2013. **Apresentação no III Simpósio de Resíduos Sólidos**. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (EESC-USP).

COSSU, R. *Drainage and collection of leachate*. 1998. In: **Proceedings of International Training Seminar: Management and Treatment of Msw Landfill Leachate**, 1998, Venice, p. VII-1 a VII-14. Cagliari (Italy): CISA, Sanitary Environmental Engineering Centre, 1998.

CPLA. **Índice de Gestão de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos-2/indice-de-gestao-de-residuos-%E2%80%93-93-igr/>. Acesso em 02 de fevereiro de 2014.

CRUZ, M.A.S.; SOUZA, C.F.; TUCCI, C.E.M. **Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade**. 2007. XII SBRH 2007. São Paulo. 2007.

DA SILVA, D. T. L. 2011. **Comunicação Social e o processo de educação ambiental**. Associação para o Desenvolvimento Social de Joanópolis - Pró-Joá, Projeto Bacia do Rio Jacareí.

DALCANALE, F. 2001. **Simulação de cargas difusas em bacias rurais**. São Paulo: Escola Politécnica/USP, 2001. 110p. Dissertação de Mestrado.

DLU-PMC - Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal de Campinas. Secretaria Municipal de Serviços Públicos. 2013. **Ecopontos e Pontos Verdes**. Acesso em 24 de outubro de 2013. Disponível em: <http://www.campinas.sp.gov.br/arquivos/servicos-publicos/historico-ecopontos-e-pontos-verdes.pdf>.

DIAMADOPOULOS, E. 1994. **Characterization and treatment of recirculation – stabilized leachate**. Water Research, vol. 28, pp 2439-2445.

DIAZ, L. F.; SAVAGE, G. M. **Facts that affect the process**. In: DIAZ, L. F.; DE BERTOLDI, M.; BIDLINGMAIER, W. (Org). *Compost Science and Technology*. 1 ed. Stentiford. 2007. p. 49-65.

DIBRAX, Distribuidora. 2013. **Lixeira para Rejeitos**. Disponível em: <http://www.dibraxdistribuidora.com.br/lixeira-para-rejeitos-621.html>. Acesso em 08 de outubro de 2013.

ECCO SUSTENTÁVEL. 2014. **ECCO Soluções Inteligentes**. Disponível em: <http://eccosustentavel.com/index.html>. Acesso em 04 de dezembro de 2014.

EROSÃO GOETKSE. 2013. **Proteção de Dispositivos de Drenagem com Cimbopogon Citratus (Capim Cidreira)**. Disponível em: <http://www.erosao.agr.br/>. Acesso em 10 de setembro de 2013.

EUROPA. **Sínteses da legislação da UE: Gestão dos resíduos.** Disponível em: http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management/index_pt.htm. Acesso em 10 de outubro de 2013.

FEITOSA, M.A.M. **Educação Ambiental: Uma contribuição às produções artísticas.** In: XVI Semana de Humanidades, Natal, 20 a 24 de outubro de 2008.

FERNANDES, F.; SILVA, S.M.C.P. 1998. **Manual prático para a compostagem de Biossólidos.** PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, FINEP, UEL - Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR.

FERREIRA, A.G. (2010). **Estudo dos lixiviados das frações do aterro sanitário de São Carlos-SP por meio de caracterização físico-química.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Hidráulica e Saneamento.

FONSECA, E. **Iniciação ao Estudo dos Resíduos Sólidos e da Limpeza Urbana.** 2ª Ed. Paraíba: JRC Gráfica e Editora, 2001, 130p.

FREITAS, O.; LEITE, P. 2014. **Catadores assumem coleta de lixo reciclável em 50 cidades do país.** Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2014/06/1474724-catadores-assumem-coleta-de-lixo-reciclavel-em-50-cidades-do-pais.shtml>. Acesso em 23 de junho de 2014.

FRESCA, F.R.C. 2007. **Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos – SP, a partir da caracterização física.** São Carlos, 2007. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. 2010. **Programas Municipais de Coleta Seletiva de Lixo como Fator de Sustentabilidade dos Sistemas Públicos de Saneamento Ambiental na Região Metropolitana de São Paulo.** Relatório Final, Brasília, 2010.

GARN, H. 1976. **Models for Indicator Development: A Framework for Policy Analysis.** Washington, DC: Urban Institute.

GLEICK, P.H. 2010. **Bottled and Sold: The Story Behind Our Obsession with Bottled Water.** Washington, D.C.: Island Press.

GONÇALVES, M. **Hidrologia Básica: infiltração.** 2006. Acesso em 12 de agosto de 2011. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAD68AC/apostila-aula-8-hidrologia-aplicada>

GONZALEZ-MARTINEZ, S., GARZON-ZUNIGA, M.A., 1996. **Biological phosphate and nitrogen removal in biofilm sequencing batch reactor.** Water Science Technol. 34 (1-2), 293-301.

HENRY, J.G. 1987. **New developments in landfill leachate treatment.** In: KELLY, H.G. Pilot testing for combined treatment of leachate from a domestic waste landfill site. *Journal of Water Pollution Control Federation*, v. 59, n. 5, p. 254-261, 1987.

HENRY J.G. 1985. **New developments in landfill leachate treatment**. In: Proceedings of new directions and research in waste treatment and residuals management, University of Britain Columbia, v. 1, p. 139 apud KELLY HG (1987) Pilot testing for combined treatment of leachate from a domestic waste landfill site. J Water Pollut Control Fed. 59: 254–261

HOEKSTRA, A.Y.; CHAPAGAIN, A.CK.; ALDAYA, M.M.; MEKONNEN, M.M. **The Water Footprint Assessment Manual: setting the global standard**. 2011. Washington DC, Earthscan, 203 p.

HOEKSTRA, A, CHAPAGNAIN, ZARATE, E., M ALDANA. **Water footprint manual**. 2009. Univ Twente/UNESCO-IHE, Report Nr 41, Enschede/Deflt, Holanda, 301p.

HOEKSTRA, A.; CHAPAGAIN, A.K. **Water footprints of nations**. 2004. Volume 1: Main Report, Value of Water.

HUANG, Y.; PAN, T.; KAO, J. 2011. **Performance assessment for municipal solid waste collection in Taiwan**. Journal of Environmental Management 92 (2011) 1277 e 1283.

IBAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. 2001. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. IBAM, 2001.

INSTITUTO GEOLÓGICO (IG/SMA). **Subsídios do Meio Físico-Geológico ao Planejamento do Município de Campinas (SP)**. Mapa Geológico do Município de Campinas. São Paulo. 2v. (Relatórios Técnicos), 2009.

IG/SMA - INSTITUTO GEOLÓGICO; SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo da UGRHI 05 (PCJ)** - Escala 1:25.000. Coordenadoria de Planejamento Ambiental: IG/SMA. São Paulo, 2013.

INSTITUTO TRATA BRASIL. 2014. **Diagnóstico da Situação dos Planos Municipais de Saneamento Básico e da Regulação dos Serviços nas 100 maiores cidades brasileiras**. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/diagnostico/estudo-completo.pdf>. Acesso em 08 de maio de 2014.

IRIARTE, A.; GABARRELL, X.; RIERADEVALL, J. 2009. **LCA of Selective waste collection systems in dense urban areas**. Waste Management 29 (2009) 903–914.

IRRIGART – Engenharia e Consultoria em Recursos Hídricos e Meio Ambiente. 2006. **Caracterização das Bacias do PCJ**. Disponível em: http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/RS/RS-04-06_Capitulo-2.pdf. Acesso em 27/06/2013.

JARDIM, N.S. *et al.* **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), 1995. 278p.

JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J.V. 2012. **Política Nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. Barueri-SP: Manole, 2012. ISBN 978-85-204-3379-9.

JUCON, S. **Política Nacional de Resíduos Sólidos movimentou setor ambiental e suscita novas oportunidades sustentáveis**. Revista Meio Ambiente Industrial, 15.out. 2010. Disponível em: <http://rmai.com.br/v4/Read/289/politica-nacional-de-residuos-solidos-movimenta-setor-ambiental-e-suscita-novas-oportunidades-sustentaveis.aspx>. Acesso 11 de março de 2014.

JURAS, I. A. G. M. 2012. **Legislação sobre Resíduos Sólidos: Comparação da Lei 12.305/2010 com a Legislação de Países Desenvolvidos**. Disponível em: http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/tema14/2012_1658.pdf. Acesso em 27 de junho de 2013.

KAWATOKO, I. E. S. 2014. **Urban tax related to indicators of water quality and quantity upon long-term policy scenarios: A case study of urban conditions at Southeast Brazil**. E3 Journal of Environmental Research and Management, v. 5, p. 110, 2014.

KAWATOKO, I. E. S. **Estabelecimento de cenários de medidas estruturais e não-estruturais para gestão das águas urbanas em escala de lote**. 2012. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-23042012-090308/>. Acesso em: 2013-09-11

KIEHL, E. J. 2004. **Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. 4ª ed. Piracicaba, SP. 173 p., 2004.

LEITE, W.C.A. 1997. **Estudo da gestão de resíduos sólidos: uma proposta de modelo tomando a unidade de gerenciamento de recursos hídricos (UGRHI-5) como referência**. São Carlos, 1997. Tese de Doutorado -Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

LIMA, R.; GOMES, H.; RANGEL, N. **O tratamento dos resíduos sólidos no Japão: caso particular da incineradora de Toshima**. Indústria e ambiente, n. 37, jan-mar 2005.

LIMA, V.H.M.; LIRA, J.A.M.; SILVA, R.A. **Conscientização da política dos 3R's no parque metropolitano Armando de Holanda Cavalcanti**. In: IX Jornada de Pesquisa e extensão-JEPEX, Recife, 19 a 23 de outubro de 2009.

LIN, C.; CHANG, F.; CHANG, C. (2000). **Co-digestion of leachate with septage using a UASB reactor**. Bioresource Technology, vol. 73, pp. 175-178.

MACDONALD, M. L. 1996. **Bias issues in the utilization of solid waste indicators**. Journal of the American Planning Association. Spring96, Vol. 62 Issue 2, p236. 7p.

MANNARINO, C. F.; FERREIRA, J. A.; MOREIRA, J. C. **Tratamento combinado de lixiviado de aterros de resíduos sólidos urbanos e esgoto doméstico como**

alternativa para a solução de um grave problema ambiental e de saúde pública – revisão bibliográfica. Cad. Saúde Coletiva, 2011, Rio de Janeiro, 19 (1): 11-9.

MANNARINO, C. F.; FERREIRA, J. A.; MOREIRA, J.C; BILA, D. M.; MAGALHÃES, D. P. 2010. **Assessment of Combined Treatment of Landfill Urban Solid Waste Leachate and Sewage Using Danio rerio and Daphnia similis.** Bull Environ Contam Toxicol (2010) 85:274–278.

MASSUKADO, L. M. 2008. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares.** Tese de Doutorado em Ciências de Engenharia Ambiental - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP.

MCBEAN E.A. *et al* .1995. **Solid waste landfill engineering and design.** Prentice Hall, New Jersey.

MILANEZ, B. **Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação.** 2002. 206p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos – Ufscar, São Carlos, SP.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MA), (2005). **Scenario Working Group Four Scenarios,** In S. R. Carpenter, P.L. Pingali, E.M. BENNETT, M.B. ZUREK (editors). Ecosystems and Human Well-being: Scenarios, Island Press: Washington, v.2., Chapter 8, p. 223-294.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Sistema de legislação agrícola Federal - Instrução Normativa 23/2005** Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/sanidade-vegetal/legislacao>.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Sistema de legislação agrícola Federal - Instrução Normativa 25/2009.** Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/sanidade-vegetal/legislacao>.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. 2014. **Programa de Formação em Gestão de Projetos Urbanos. Curso I O Ministério das Cidades: estruturas e políticas sob sua responsabilidade.** Programa Nacional de Capacitação das Cidades. Disponível em: <http://www.capacidades.gov.br/>. Acesso em 28 de fevereiro de 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. 2010. **Manual para a Implantação de Compostagem e de Coleta Seletiva no âmbito de Consórcios Públicos.** Brasília, DF.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE URBANO (MMA-SRH). 2011. **Política de Águas e Educação Ambiental: processos diálogos e formativos em planejamento e gestão de recursos hídricos.** Brasília, 2011. Disponível em: <http://eadana.hospedagemdesites.ws/> Acesso em 27 de maio de 2014.

MONTEIRO, J. H. P., *et al*. **Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM, 2001, 200p.

NEVES, M.G.F.P.; TUCCI, C.E. **Resíduos sólidos na drenagem urbana: aspectos conceituais**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.13, n. 3, 2008.

NEVES, M.G.F.P. 2006. **Quantificação de Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

ODAGIU, A.; OROIAN I., PAULETTE, L.; BRASOVEAN, I.; IEDERAN, C.; BURDUHOS, P. 2010. **Monitoring Selective Waste Collection - Desiderate or reality in Cluj - Napoca?** ProEnvironment 3 (2010) 274 - 277.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). 1978. **Urban Environmental Indicators**. Paris: OECD Publications.

OROSZ, Z.; FAZEKAS, I. 2008. **Challenges of municipal waste management in Hungary**. AGD Landscape & Environment 2 (1) 2008. 78-85.

PAULA, L. G. A.; CEZAR, V. R. S.; OLIVEIRA, P.E.S. 2009. **Avaliação da compostagem de resíduos orgânicos da Área verde do campus Marechal Dodoro – IFAL em função do número de revolvimentos**. CONNEPI. Disponível em: <http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/view/1471/586>. Acesso em 03 de outubro de 2013.

PCJ, AGÊNCIA DE ÁGUA. **Relatório Final - Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010-2020, com Propostas de Atualização do Enquadramento dos Corpos d'Água e de Programa para Efetivação do Enquadramento dos Corpos d'Água até o Ano de 2035**. São Paulo, 2011. Disponível em: http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/PB/PCJ_PB-2010-2020_RelatorioFinal.pdf Acesso em 16 de julho de 2013.

PERMETAL, 2013. **Catálogo de Produtos para Urbanismo**. Disponível em: <http://www.permetal.com.br/>. Acesso em 10 de setembro de 2013.

POLAZ, C.N.M. **Indicadores de Sustentabilidade para Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2008. 186p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos – Ufscar, São Carlos, SP.

PORTO, M. F. A. 1995. **Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas**. In: Drenagem Urbana, ABRH: 1995, 1ª ed. 428p. ISBN 85-7025-364-8.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS - SECRETARIA DE PLANEJAMENTO URBANO. 2007. **Plano Diretor Urbano Municipal de Campinas**.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS - DEPARTAMENTO DE LIMPEZA URBANA (PMC-DLU). 2010. **Diagnóstico de Resíduos Sólidos Urbanos de Campinas**.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS - DEPARTAMENTO DE LIMPEZA URBANA (PMC-DLU). 2012. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos - 2012**.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS – SECRETARIA DO VERDE, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (PMC – SVDS). 2014. **Dados Preliminares do Plano Municipal de Recursos Hídricos**. Disponível em: <http://ambientecampinas.wix.com/dados-pmrh>. Acesso em 19 de janeiro de 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS – SECRETARIA DO VERDE, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (PMC – SVDS). 2013. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Campinas**. Disponível em: <http://campinas.sp.gov.br/governo/meio-ambiente/plano-saneamento-basico.php> Acesso em 07 de abril de 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. 2012. **Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB)**.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS - PMSC. 2010. Disponível em: www.saocarlos.sp.gov.br. Acesso em 28 de março de 2013.

PIZA, F.J.T. 2000. **Indicador de Salubridade Ambiental - ISA**. Seminário sobre Indicadores de Sustentabilidade, realizado no âmbito do projeto "Redistribuição da População e do Meio Ambiente: São Paulo e Centro-oeste"

REDE NOSSA SÃO PAULO. 2013. **Guia para a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos nos municípios brasileiros de forma efetiva e inclusiva**. Programa Cidades Sustentáveis. Acesso em 23 de outubro de 2013. Disponível em: <http://www.cidadessustentaveis.org.br/residuos>

REINHART D.R., MCCREANOR P.T. & TOWNSEND T. (2002) **The bioreactor landfill: Its status and future**. *Waste Management & Research*, vol. 20, pp. 172-186.

RENOVA AMBIENTAL. 2014. **Coleta Campinas**. Disponível em: <http://www.coletacampinas.com.br/>. Acesso em 05 de agosto de 2014.

RIGHETTO, A. M. et al (coordenador). 2009. **Manejo de Águas Pluviais**. Rio de Janeiro: ABES, 2009, 396p. Projeto PROSAB.

RUFFINO, P.H.P. 2001. **Proposta de educação ambiental como instrumento de apoio à implantação e manutenção de um posto de orientação e recebimento de recicláveis secos em uma escola estadual de ensino fundamental**. 2001. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São carlos, Universidade de São Paulo (EESC-USP), São Carlos, SP.

RISTIC, G. 2005. **Basic Indicators of Integrated Solid Waste Management**. Working and Living Environmental Protection Vol. 2, No 5, 2005, pp. 383 – 392.

ROGGE, N.; JAEGGER, S. 2012. **Evaluating the efficiency of municipalities in collecting and processing municipal solid waste: A shared input DEA-model.** Waste Management 32 (2012) 1968–1978.

SANASA - SOCIEDADE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO S/A. 2013. Disponível em: <http://www.sanasa.com.br/>

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SÃO PAULO. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. **ISA - Indicador de Salubridade Ambiental – Manual Básico.** São Paulo, Brasil, 1999, 37 p.

SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS. COORDENADORIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH): 2012/2015.** São Paulo: SSRH/CRHi, 2013. 210 p.: il.

SÃO PAULO. Secretaria de Saneamento e de Recursos Hídricos. 2015. **Fundo Estadual de Recursos Hídricos.** Disponível em: <http://fehidro.sigrh.sp.gov.br/fehidro/index.html>. Acesso em 10 de março de 2015.

SÃO PAULO. 2012. **Lei Estadual nº 11.160/2002 - FECOP.** Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2002/lei-11160-18.06.2002.html>. Acesso em 10 de março de 2015.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. 2001. **Guia Pedagógico do Lixo.** 2 ed. São Paulo.

SECRETARIA DO VERDE E DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - SVDS. **Diário Oficial da Prefeitura de Campinas, 28 de junho de 2013.** Disponível em: <http://www.campinas.sp.gov.br/uploads/pdf/1053416284.pdf>. Acesso em 29/06/2013.

SETZER, J.; PORTO, R. LA L. **Tentativa de avaliação de escoamento superficial de acordo com o solo e o seu recobrimento vegetal nas condições do Estado de São Paulo.** Boletim Técnico DAEE, Vol. 2, nº 2, maio – agosto, 1979. Pg. 82-135.

SILVA JUNIOR, J.R.; MENDES, A.J.; FARIAS, P.R.R. 2013. **Plano de Comunicação Social.** Programa de Apoio à Elaboração dos Planos Municipais de Saneamento e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos dos Municípios do Estado do Amazonas. Associação Amazonense de Municípios.

SILVA, S. G. S.; KAWATOKO, I. E. S.; SCHALCH, V. 2013. **Aplicação de Ferramentas de Gerenciamento de Resíduos Industriais em Indústria de Compressores.** In: Anais do 27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Goiânia, de 15 a 19 de setembro de 2013.

SILVA, M.C.; SANTOS, G. O. 2010. **Densidade Aparente de Resíduos Sólidos Recém Coletados.** CONNEPI 2010. Disponível em:

<http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/view/167/157>. Acesso em 24 de setembro de 2013.

SILVA, A.C.; DEZOTTI, M.; SANT'ANNA JR., G.L. **Treatment and detoxification of a sanitary landfill leachate**. *Chemosphere*, v. 55, n. 2, p. 207-214, 2004.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. 2013. **Relatório de Insumos e Serviços Ago/2013**. Disponível em: http://downloads.caixa.gov.br/arquivos/sinapi/insumos_semdes_ago_2013/Precos_Insumos_AC_AGO_2013_SEM_DESONERA%C7%C3O.PDF. Acesso em 25 de setembro de 2013.

SINGER, P. **Introdução à economia solidária**. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2002.

SISTEMA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL - SNIS. 2012. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2010**. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, Ministério das Cidades.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. 2010. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos DE 2010**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=93>. Acesso em 20 de maio de 2013.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. 2012. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em 20/06/2013.

SMDU -SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO, SP. 2012. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana**. São Paulo: SMDU.

SMDU - São Paulo, Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana**. São Paulo: SMDU, 2012. 168 p. il. v. 1.

SMDU - São Paulo, Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana**. São Paulo: SMDU, 2012. 168 p. il. v. 2.

SMDU - São Paulo, Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana**. São Paulo: SMDU, 2012. 168 p. il. v. 3.

SMS – Secretaria Municipal de Saúde. Coordenadoria em Vigilância em Saúde. **Informe Epidemiológico – Leptospirose, 2012**. Disponível em: <http://2009.campinas.sp.gov.br/saude/doencas/leptospirose/boletim02janeiro2012.pdf>. Acesso em julho de 2013.

SMHSA - SECRETARIA MUNICIPAL DE HABITAÇÃO E SANEAMENTO AMBIENTAL. 2010. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico: Produto 9 - Versão Preliminar do PMSB**. Prefeitura Municipal de Florianópolis, SC.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. 2013. **Diagnóstico do Manejo do Resíduos Sólidos Urbanos 2011**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em 13/01/2014.

SOUTO, G.A.B.; POVINELLI, J. (2007). **Características do lixiviado de aterros sanitários do Brasil**. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, MG.

SOUZA, J. H.; PAULELLA, E. D.; TACHIZAWA, T.; POZO, H. 2009. **Desenvolvimento de Indicadores Síntese para o Desempenho Ambiental**. Saúde soc. vol. 18 nº 3 São Paulo July/Sept. 2009.

SOUZA, T. F. (2008). **Drenagem urbana sob cenários de longo prazo visando incentivos ambientais**. Originalmente apresentada como Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos.

SOUZA, F.A., AQUINO, A.M. , RICCI, M.S.F. , FEIDEN, A. 2001. **Compostagem**. EMBRAPA, 2001.

SRHU/MMA - Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano/ Ministério do Meio Ambiente. 2012. **Plano de Gestão de Resíduos Sólidos: Manual de Orientação**. ISBN: 978-85-99093-21-4.

SURMACZ-GORSKA, J. 2001. **Degradation of organic compounds in municipal landfill leachate**, Publisher of Environmental Engineering Committee of Polish Academy of Sciences, Lublin, 2001.

TEIXEIRA, C.; SOUZA, J. **Um exemplo de civilidade: japoneses voltam a recolher seu lixo após partida**. Disponível em: <http://globoesporte.globo.com/rn/copa-do-mundo/noticia/2014/06/novo-exemplo-de-civilidade-japoneses-voltam-recolher-seu-lixo-apos-partida.html>. Acesso em 23 de junho de 2014.

TCHOBANOGLOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL S.A. 1993. **Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues**. EUA, McGraw-Hill.

TEOBALDO NETO, A., NISHIYAMA, L. 2005. **O tratamento dos resíduos sólidos urbanos em Uberaba: avaliando o sistema**. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v.15, n.10, p.126-143, 2005.

TEKPLAST. 2013. **Cores da Coleta Seletiva**. Acesso em 24 de outubro de 2013. Disponível em: http://www.tekplast.com.br/cores_da_coleta_seletiva.html.

TOMAZ, P. 2006. **Poluição Difusa**. 2ª ed. Guarulhos -SP: Navegar Editora.

TUCCI, C. E. M. 2001. **Gestão da Água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156 p.

TUCCI, C. E. M. (organizador). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2ª ed. Porto Alegre, Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.

TUCCI C. E. M. *et al.* **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 1ª ed. Porto Alegre -RS, Editora da UFRGS, ABRH, EDUSP, vol. 4,1993.

UNIGENTE. 2013. **Cartilha de Coleta Seletiva em João Pessoa**. Acesso em 24 de outubro de 2013. Disponível em: <http://www.portalodm.com.br/cartilha-unigente-coleta-seletiva-2--bp--154--np--1.html>

URBONAS, B., STAHR, P. **Stormwater : Best management practices and detention for water quality, drainage and CSO management**. PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1993.

USHIKOSHI, K., KOBAYASHI, T. UEMATSU, K., TOJI, A., KOJIMA, D., MATSUMOTO, K. 2002. **Leachate Treatment by the Reverse Osmosis System**. Desalination 150 (2002) 121-129

VIARO, V. L. 2007. **Crerios para reuso de água em indústrias: Aproveitamento do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto do Pçarrão, Campinas - SP**. Tese de Doutorado - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

VIEIRA, D. B. 1981. **Análise das máximas intensidades de chuvas na cidade de Campinas**. In: IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, ABRH, Fortaleza – CE, Anais I, pp. 375-386.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 1. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1996.

VON SPERLING, M. **Lodo de esgotos**. Belo Horizonte: DESA-UFMG. 2001.

ZABALETA, A. 2008. **Sustainability Indicators for Municipal Solid Waste Treatment Case study - The City of Stockholm: landfill vs. incineration**. Master of Science Thesis. Royal Institute of Technology. Stockholm. 2008.

ZAFFANI, A. G. **Poluição difusa da drenagem urbana ecohidrológica: diagnóstico atual e cenários de longo prazo em bacias urbanas de São Carlos, SP**. 2012. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-09012013-085216/>>. Acesso em: 2013-09-26.

ANEXO A

ETE Piçarrão - Unidades de Tratamento

ETE Piçarrão Unidades de Tratamento

- 1** Chegada do Interceptor
Estação Elevatória de Esgoto Bruto
- 2** Gradeamento e Desarenador
- 3** Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente (RAFA)
- 4** Tanques de Aeração
- 5** Flotadores
- 6** Desinfecção do Esgoto Tratado
- 7** Secagem do Lodo
- 8** Lançamento do Esgoto Tratado

Figura 1 - Unidades da ETE Piçarrão

ANEXO B

ETE PIÇARRÃO - COMO FUNCIONA

Figura 1 - Fluxograma da ETE Piçarrão

ANEXO C

Tabela 1 - Características do esgoto sanitário da ETE Piçarrão, período seco

Parâmetros	EB 1	ET 1	EB 2	ET 2	EB 3	ET 3	EB 4	ET 4	EB 5	ET 5	EB 6	ET 6	EB 7	ET 7
pH	7,23	7,8	7,33	7,68	7,32	7,6	7,3	7,48	7,25	7,4	7,23	6,03	7,35	7,15
cor		222,33		232		118,62		133,5		163,5		212	1574,5	127
turbidez		20,85		26,65		25,98		17,3		23,1		25,38	359,5	9,05
Alcalinidade	166		216		185,75	141	180		210,75				206	0
DBO	152	36,33	119,5	32	204,8	19,5	221,5	40,5	227,67	47,67	220,25	20	290,5	31
DQO	371,33	64,67	416,75	61	482,33	60	512,75	49	607,25	66,5	485,5	59,25	590,5	52,5
Nit Amoniacal	23,35	32,2	31,1	34,5	16,25	14,05	34,55	25,55	30,5	19,37	34	8,85	36,15	14,85
Sol. Totais	524	352	539	371	666	374,67	679	398	746,67	426,33	736	456	883	414
Sol Totais Fixos	275	260	278	271	318	292,67	269	291,5	409	236,33	335	315	345	313,5
Sol Totais Volateis	249	92	261	100	348	82	410	106,5	471	68	401	141	538	100,5
Sol Dissolvidos	320	308	310	318	190	339,33	455	369	476	401,5	476	433	572,5	404
Sol Susp Totais	206,67	42,33	226	40	235,33	34,33	236	31	298	28,67	263	28	311	10
Sol Susp Fixos	34	11	30	12,25	35,37	9	32	10,5	66,67	8,33	51	5,5	52,5	1
Sol Susp Volateis	172,67	31,33	196	27,75	199,67	25,33	204	20,5	231,33	20,33	212	22,5	258,5	9
Sol Sedimentáveis	4,5		3,38	1,55	4	0,33	3,5	0,25	4,67	0,1	7	0,1	8,5	0
Sulfato	63		51		46,33		47		42,33				68	50,5

* EB = esgoto bruto; ET = esgoto tratado

Tabela 1 - Características do esgoto sanitário da ETE Piçarrão, período seco (continuação)

Parâmetros	EB 8	ET 8	EB 9	ET 9	EB 10	ET 10	EB 11	ET 11
pH	7,27	7,57	7,25	7,65			7,37	0,06
cor	598,67	155,67	890	91,5				4,24
turbidez	102,67	19,6	135,5	5,92				1,13
Alcalinidade	182,67	0	174	0				
DBO	257,33	33	280	24,5			344,5	7,23
DQO	526,33	56,33	599,5	40,5			596	0,96
Nit Amoniacal	24,27	31,8	0	0			0	
Sol. Totais	540	364,33	501	217,5			0	
Sol Totais Fixos	249,33	237	175	181			0	
Sol Totais Volateis	290,67	124	326	36,5			0	
Sol Dissolvidos	360	339,67	319,5	210			0	
Sol Susp Totais	275	36	378,5	11,5	418	113	272,5	17,75
Sol Susp Fixos	56	12	72,5	7	60,5	98	48,25	8
Sol Susp Volateis	219	24	306	4,5	357,5	15	224,25	9,75
Sol Sedimentáveis	2,83	0	5,5	0	2,75	0		0
Sulfato	38	40,67	28,5			0		

* EB = esgoto bruto; ET = esgoto tratado

ANEXO D

Tabela 1 - Características do esgoto sanitário da ETE Piçarrão, período chuvoso

Parâmetros	EB 1	ET 1	EB 2	ET 2	EB 3	ET 3	EB 4	ET 4
pH	7,18	7,38	7,28	7,27	7,27	7,33	7,27	7,32
cor		112		76,83		54,33		74,8
turbidez		10,78		5,53		3,07		6,74
Alcalinidade					151,2		146,4	70
DBO	217,6	11,67	191,17	12,5	144,67	6,83	138,75	9
DQO	432,67	21	405,5	25,83	367,83	24,33	363,2	38,4
Nit Amoniacal	33,8	33,8	27,75	11,8			29,2	11,8
Sol. Totais	632	632	614	382,5			634	373
Sol Totais Fixos	336	336	321	290			326	276
Sol Totais Volateis	296	296	293	102,5			308	484
Sol Dissolvidos	414	414	404	376,5			374	362
Sol Susp Totais	253,17	14	214,5	14	201	7	260	12
Sol Susp Fixos	54,33	3,17	33,33	4,33	31,67	1,33	50	2,2
Sol Susp Volateis	198,83	10,83	181,17	9,67	169,33	5,67	210	9,8
Sol Sedimentáveis	3,75		4,17		4,17		4	0
Sulfato	56,5		55,5				58	

* EB = esgoto bruto; ET = esgoto tratado

ANEXO E

Quadro 1 - Grupos e Características do Solo

Grupo de solo	Características do solo
A	solos arenosos com baixo teor de argila total, inferior a 8%, não havendo rocha nem camadas argilosas e nem mesmo densificadas até a profundidade de 1,5m. O teor de húmus é muito baixo, não atingindo 1% (Porto, 1979 e 1995). Solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração. Solos arenosos profundos com pouco silte e argila (Tucci et al., 1993).
B	solos arenosos menos profundos que os do Grupo A e com menor teor de argila total, porém ainda inferior a 15%. No caso de terras roxas, esse limite pode subir a 20% graças à maior porosidade. Os dois teores de húmus podem subir, respectivamente, a 1,2 e 1,5%. Não pode haver pedras e nem camadas argilosas até 1,5m, mas é, quase sempre, presente camada mais densificada que a camada superficial (Porto, 1979 e 1995). Solos menos permeáveis do que o anterior, solos arenosos menos profundo do que o tipo A e com permeabilidade superior à média (Tucci et al., 1993).
C	solos barrentos com teor total de argila de 20% a 30%, mas sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até profundidade de 1,2m. No caso de terras roxas, esses dois limites máximos podem ser de 40% e 1,5m. Nota-se a cerca de 60cm de profundidade, camada mais densificada que no Grupo B, mas ainda longe das condições de impermeabilidade (Porto, 1979 e 1995). Solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila e pouco profundo (Tucci et al., 1993).
D	solos argilosos (30% a 40% de argila total) e ainda com camada densificada a uns 50cm de profundidade. Ou solos arenosos como do grupo B, mas com camada argilosa quase impermeável ou horizonte de seixos rolados (Porto, 1979 e 1995). Solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com muito baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial (Tucci et al., 1993).

FONTE: TUCCI *et al.*, 2001

Quadro 2 - Valores de CN de escoamento superficial para bacias urbanas

Utilização ou cobertura do solo	Grupo de solos			
	A	B	C	D
Zonas cultivadas: sem conservação do solo	72	81	88	91
com conservação do solo	62	71	78	81
Pastagens ou terrenos em más condições	68	79	86	89
Baldios em boas condições	39	61	74	80
Prado em boas condições	30	58	71	78
Bosques ou zonas com cobertura ruim	45	66	77	83
Floresta: cobertura boa	25	55	70	77
Espaços abertos, relvados, parques, campos de golfe, cemitérios, boas condições				
Com relva em mais de 75% da área	39	61	74	80
Com relva de 50% a 75% da área	49	69	79	84
Zonas comerciais e de escritórios	89	92	94	95
Zonas industriais	81	88	91	93
Zonas residenciais				
Lotes de (m ²)	% média impermeável			
<500	65	77	85	90
1000	38	61	75	83
1300	30	57	72	81
2000	25	54	70	80
4000	20	51	68	79
Parques de estacionamento, telhados, viadutos, etc.	98	98	98	98
Arruamentos e estradas				
Asfaltadas e com drenagem de águas pluviais	98	98	98	98
Paralelepípedos	76	85	89	91
Terra	72	82	87	89

FONTE: TUCCI *et al.*, 1993

ANEXO F

**Tabela 1 - Dados Pluviométricos Diários da Estação Meteorológica da
CEPAGRI/UNICAMP**

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	0,0	1,5	21,3	0,0	0,0	0,0	8,4	0	0,0	19,1	0,0	0,0
2	0,0	33,5	0,3	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	9,1
3	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0	8,4	0,3	0,0	3,0	21,3	0,0	0,0
4	10,4	6,6	0,0	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	39,6	0,0
5	0,3	0,0	0,8	23,1	3,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	6,4
6	6,9	13,7	26,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7	0,0
7	0,0	1,8	74,7	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
8	22,9	27,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	43,7	0,3	19,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8
10	22,9	6,1	5,3	0,0	0,0	0,0	13,7	0,0	0,0	0,0	0,0	30,2
11	0,0	0,3	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0
12	33,5	0,0	9,1	23,1	0,0	13,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	17,0	2,8	11,7	23,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	2,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,8	0,0	0,5	0,0	0,0
15	15,0	0,0	0,3	0,0	0,8	0,0	15,0	0,3	0,0	26,9	0,0	0,0
16	9,1	0,3	19,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	2,3	4,5	11,7	0,0
17	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	14,0	0,0	0,3	0,0
18	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	1,5	0,0	0,0
19	0,0	5,1	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,3	0,0
20	0,0	0,3	20,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,3	2,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	7,9	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	2,0	12,2	2,0	0,0
23	3,3	7,4	0,3	0,0	6,6	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	2,8
24	0,0	0,3	9,4	0,0	0,3	0,5	7,4	0,0	0,0	0,5	5,9	0,5
25	17,3	0,0	5,8	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,3	2,0	1,3
26	0,8	3,0	1,0	0,0	0,0	7,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,3	0,0	0,0	9,9	0,3	0,8	0,0	8,6	0,0	0,0	12,5
29	0,0	xx	0,0	0,0	33,0	0,0	20,3	0,0	0,5	0,0	2,8	1,0
30	0,0	xx	0,0	0,0	11,7	0,8	0,0	0,0	7,9	0,0	1,3	11,4
31	5,3	xx	0,0	xx	0,0	xx	0,0	0,0	xx	0,0	xx	0,0
TOTAL	216,6	120,4	241,0	96,0	66,6	54,2	74,3	5,1	38,6	96,6	78,3	81,0
MÁX.	43,7	33,5	74,7	23,9	33,0	15,0	20,3	2,8	14,0	26,9	39,6	30,2
MÍN.	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

FONTE: CEPAGRI (2014)

APÊNDICE A

5.3.1.1 Programa de Educação Ambiental (PEA) e Comunicação Social (PCS)

Os Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social serão discutidos em conjunto, por apresentarem alta interação no desenvolvimento de suas atividades.

5.3.1.1.1 Justificativa e Abrangência

Primordialmente, para que os Programas de Otimização da Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (POCS) e de Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana (PCRLU) sejam efetivos, torna-se fundamental que os Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social estejam bem estruturados.

Desse modo, esses programas visam abranger toda população de Campinas, com foco em ações e atividades voltadas a diferentes grupos, os quais foram subdivididos em: estudantes, professores, trabalhadores e aposentados.

5.3.1.1.2 Revisão Bibliográfica

No Brasil, a Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA Lei nº 6.938/1981 preconizou a Educação Ambiental (EA) legalmente em questões associadas a problemas locais, como: questões litorâneas (pesca predatória, parques e reservas), questões florestais (desmatamento e extinções de fauna e flora), questões de recursos hídricos (perdas quali-quantitativas de mananciais terrestres e subterrâneos, falta de saneamento básico) e problemas relacionados aos resíduos sólidos, reforçados pela PNRS Lei nº 12.305/2010.

Após dezoito (18) anos da promulgação da Política Nacional do Meio Ambiente, foi criada a Política Nacional de Educação Ambiental - Lei nº 9795/1999 (BRASIL, 1999), a qual considera em seu Art. 2º que “a EA é um componente essencial e permanente na educação nacional, devendo estar presente de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal (unidades escolares, universidades e unidades de ensino especial, profissional e de jovens adultos) ou não

formal (atividades voltadas à população geral, por meios de comunicação social, programas, ecoturismo, etc.)”.

De maneira geral, o MMA-SRH (2011) sugere que os Programas de Educação Ambiental - previstos na Política Nacional - devam oferecer informações claras à população sobre a realidade socioambiental e ampliar sua capacidade de interpretá-las. Nesse sentido, é preciso desenvolver processos com a base da sociedade, que propiciem diagnósticos e planejamentos socioambientais, bem como ampliem a qualidade da participação e da representatividade nos diferentes colegiados ambientais.

Um dos princípios básicos da educação ambiental sobre os resíduos sólidos é a **Política dos 3R's - Reduzir, Reutilizar e Reciclar** - que consiste num conjunto de medidas de ação ligadas à gestão de resíduos, onde se busca a redução, reutilização e reciclagem dos materiais envolvidos no processo produtivo de uma indústria (LIMA, 2009). Mais recentemente ampliou-se esse conceito com a inserção do conceito de **Recuperação/Reintegração**, passando essa política a ser conhecida por **Política dos 4R's** (LIMA, 2005), como pode ser visto na Figura 5.1.

Figura 5.1 - Os 4 R's: Reduzir, Reutilizar, Reciclar e Reintegrar.

FONTE: SILVA *et al.*, 2013

Ainda há aqueles que já adotam o conceito de **Política dos 5 R's**. O quinto R seria o **Repensar** e passa a ser visto como o primeiro R da política, pois estaria inserido dentro da mentalidade de cada pessoa ou organização ao envolver tudo relacionado ao consumo e o poder de decisão ou escolha. O Repensar também é favorável aos processos de Educação Ambiental, pois é um conceito mais prático e mais aplicável tanto no dia a dia das empresas, como na vida desses trabalhadores (FEITOSA, 2008).

Segundo Ruffino (2001), os Programas referentes à Educação Ambiental, Coleta Seletiva, Implantação da Política dos 3R's, 4R's, 5R's; entre outros, assumem um caráter

sinérgico sobre a motivação e a retomada de valores da sociedade, em busca da minimização dos impactos ambientais de um mau gerenciamento.

Um bom exemplo - citado pela ABES (2013A), de como um sistema de coleta seletiva deve ser acompanhado por um Programa de Educação Ambiental efetivo - é o que tem ocorrido em Buenos Aires na Argentina, no qual através de uma tentativa de reduzir o volume de resíduos encaminhados ao aterro sanitário, através da lei do Lixo Zero – a gestão pública instalou coletores de maior capacidade em cada quarteirão da cidade. No entanto, nota-se que a população ao invés de abrir a caçamba acionada por pedal, simplesmente deixa seus resíduos em sacolas plásticas nas calçadas ou ao lado dos coletores (Figura 5.2) - mesmo correndo o risco de serem multados.

Figura 5.2 - Coletores instalados em Buenos Aires

FONTE: ABES (2013A)

Um instrumento utilizado no Rio de Janeiro para evitar o descarte irregular de resíduos sólidos nas ruas do centro, é a aplicação de multas aos infratores - sob a denominação de Programa Lixo Zero – o qual promoveu a redução de 46% dos descartes nas áreas fiscalizadas (ABES, 2013B).

Outra ação interessante - já dentro do contexto da educação formal - é que a Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) oferece cursos online de conceitos e teorias relacionados à sustentabilidade, os quais destacam diferentes pontos de vista, a fim de convergir para uma perspectiva socioambiental (ABES, 2013C). Já a SABESP desenvolve o Projeto Água Viva (Figura 5.3) que já promoveu a conscientização ambiental de mais de 400 alunos de 11 municípios de São Paulo, através de atividades (palestras, oficinas, ações com enfoque multidisciplinar, etc.) - que contemplam temas como água, reciclagem, tratamento de esgotos e resíduos sólidos e complementam as disciplinas de Ciências (ABES, 2012A).

Figura 5.3 - Projeto Água Viva da SABESP

FONTE: ABES (2012A)

Complementarmente, o Programa de Comunicação Social surge como um instrumento de mudança do comportamento dos consumidores, implícito na Política Nacional de Resíduos Sólidos, ao visar a não geração e a redução dos resíduos, o reaproveitamento dos produtos e suas embalagens antes do descarte para reciclagem. Em outras palavras, o objetivo da ação é criar nas pessoas um sentimento de aceitação em relação à coleta seletiva, ao considerar a necessidade de mudanças de hábitos em relação às rotinas domésticas e criar pelo menos mais um local de acondicionamento dos resíduos (MMA, 2010).

De acordo com Silva Junior *et al.* (2013), os Planos de Comunicação Social vinculados aos Planos Municipais de Saneamento Básico e Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos são mais vastos e diversificados que os demais, pois apresentam muitos beneficiários, que poderiam ser divididos em três grupos:

- público desinteressado: ação de sensibilização - alertando, educando, promovendo e envolvendo;
- público desconhecedor: ações de informação - oferecendo argumentos, mostrando benefícios, exemplificando, comparando;
- público interessado e conhecedor: alimentar e realimentar com informações, buscando torná-los multiplicadores.

Da Silva (2011) afirma que a parceria que será realizada entre as instituições envolvidas, órgãos de comunicação e comunidade deve visar o fortalecimento institucional das entidades envolvidas e da comunidade, possibilitando a formação de fortes laços de atuação e identificação entre os envolvidos, com os créditos dos resultados distribuídos de maneira igualitária.

Além disso, a metodologia a ser adotada deve ser participativa, na qual a ação comunitária é um dos alicerces do trabalho socioambiental, ao proporcionar alternativas de ações que contribuam para a construção de novas relações do homem com o meio ambiente. Também deve ser enfatizado o “olhar” sobre os problemas ambientais, incluindo os problemas socioeconômicos, como a pobreza, a segregação racial, a fome, a violência e a desigualdade social.

5.3.1.1.3 Metodologia

A metodologia adotada no Programa de Educação Ambiental é consoante com o Programa Nacional de Educação Ambiental – ProNEA (BRASIL, 2003). A fundamentação teórico-prática do programa ocorrerá por meio do estudo de temas referentes à bacia hidrográfica como unidade de planejamento, conservação dos recursos naturais, gerenciamento de resíduos sólidos e tecnologias de minimização de impactos ambientais; englobando atividades como palestras, oficinas, elaboração de material didático e apresentação de vídeos para o público geral.

Posteriormente, haverá uma subdivisão por grupos para melhorar a didática de ensino, entre - estudantes, trabalhadores, aposentados e professores - em que, serão propostos temas adequados às necessidades e conhecimentos prévios do grupo. Desta forma, cinco princípios fundamentais para a elaboração do Programa de Educação Ambiental serão considerados ao longo das atividades a serem desenvolvidas:

- **Sensibilização ambiental:** corresponde a um processo de reflexão, de alerta - o primeiro passo da Educação Ambiental - ou seja, visa motivar, mobilizar os grupos para o engajamento em um determinado problema ambiental;
- **Compreensão ambiental:** consiste em conhecer os processos e mecanismos que regem os sistemas naturais, relativos ao problema em questão; visa compreender as causas, consequências, as origens, a história, os agravantes e os aspectos positivos e negativos deste problema. É preciso ir além do senso comum e compreender tecnicamente os problemas tratados. Qualquer visão ingênua de um determinado problema leva à tomada de atitudes ineficientes;
- **Responsabilidade ambiental:** o ser humano consegue identificar os danos sociais e ambientais provocados. Porém, poucas vezes se reconhece como protagonista de tais danos. É mais fácil identificar culpados do que sentir-se responsável. Assim a

responsabilidade ambiental visa identificar e reconhecer as responsabilidades de cada grupo por problemas causados ao meio ambiente;

- **Competência ambiental:** uma vez que todo ser humano contribui para o agravamento de vários problemas ambientais, deve haver uma mudança de hábitos do cotidiano e atitudes. Porém, cada indivíduo, cada grupo social pode exercer uma ação diferente. A competência ambiental consiste em avaliar as ações factíveis por cada indivíduo no seu meio, como ponto de partida para a tomada de decisão;

- **Cidadania ambiental:** a vida em sociedade gera conflitos de diferentes ordens e requer que cada cidadão cumpra seus deveres e que tenha a garantia de direitos previstos por lei. Ser um cidadão ambiental não é apenas fazer o seu papel individual em prol de um ambiente equilibrado e uma melhor qualidade de vida. Ser um cidadão ambiental é atuar em defesa dos direitos e deveres ambientais de cada cidadão, sem priorizar classes ou aspectos individuais. Entende-se por cidadania ambiental, orientar os indivíduos para a atuação no seu ambiente familiar, de trabalho, de forma a tornar-se agente ambiental na sociedade. O compromisso crítico e ético de cada cidadão com o meio ambiente é a principal forma de garantir o acesso irrestrito dos cidadãos a um ambiente equilibrado.

Já quanto ao Programa de Comunicação Social, apesar dos indicadores demográficos de Campinas-SP indicarem que o município apresenta uma população majoritária de jovens (faixa etária de 20 a 34 anos) - com taxa de analfabetismo médio da população acima de 15 anos de 3,26% (2010) e PIB per capita anual de R\$33.967,40 - reforça-se que o Programa deva atingir todas as faixas e classes da população, o que implica na divulgação de mensagens curtas, simples, claras e objetivas, no intuito de facilitar a compreensão de todos os integrantes das comunidades referidas. Para este fim, serão utilizadas técnicas de produção jornalística em todos os textos voltados à comunicação social.

Assim, dentre as mais diversas ferramentas de comunicação, podem ser elencadas algumas principais, como por exemplo: *marketing*, publicidade, propaganda, *merchandising*, promoção, *marketing* direto, eventos, pesquisas, assessoria de imprensa etc. E para a execução destas, existe uma infinidade de canais, tais como: mídia eletrônica, mídia social, impressa extensiva, alternativa, internet etc.

Nesse sentido, segue a relação das ferramentas mais adequadas e eficientes para atender a Prefeitura Municipal de Campinas (PMC): espera telefônica com listagem de canais de informação; textos e *spots* para rádio; redes sociais - *Facebook* e *Twitter*;

informativo impresso mensal; anúncios publicitários em jornais impressos e publicações no Diário Oficial de Campinas.

A divulgação terá como base, as ações socioambientais desenvolvidas pela Prefeitura Municipal de Campinas, cujos textos serão padronizados nos seguintes modelos:

Espera telefônica – poderá ser gravada mensalmente por servidor público do setor de comunicação e disponibilizada no PABX da Prefeitura Municipal de Campinas, ou na espera do canal de atendimento 156;

Spot publicitário para rádio – *Spot* publicitário, enviado por e-mail às emissoras locais e regionais;

Facebook e Twitter – vincular as atividades às mídias sociais, que ganham espaço dia após dia, através da *fanpage* no *Facebook* e perfil no *Twitter*;

Informativo impresso mensal – produzir jornal periódico, a partir de textos sintéticos e objetivos, referentes às ações socioambientais desenvolvidas pela PMC.

Anúncios publicitários em jornais impressos – publicar periodicamente nos jornais locais e no Diário Oficial de Campinas-SP.

Por fim, serão compilados relatórios mensais, semestrais e anuais com o registro sistemático detalhado das ações comunicacionais executadas pela Prefeitura Municipal de Campinas.

5.3.1.1.4 Ações Propostas

As principais estratégias de ações propostas para os Programas de Educação Ambiental (PEA) e Comunicação Social encontram-se descritas a seguir.

A) Programa de Educação Ambiental (PEA)

Baseadas nos critérios de Sensibilização, Compreensão, Responsabilidade, Competência e Cidadania Ambientais, foram desenvolvidas algumas atividades educativas a serem praticadas - totalizando uma carga horária de trinta (30) horas - com cada um dos grupos (estudantes, professores, trabalhadores e aposentados). Estas serão executadas para públicos de - no máximo, cinquenta (50) pessoas - e repetidas de acordo com o número de participantes ou as necessidades observadas em cada grupo, conforme dinâmica do Quadro 5.1.

Quadro 5.1 - Atividades para população em geral

Atividade	Situação-problema	Objetivo	Estratégia	Avaliação	Duração
1	Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - Lei nº 12.305/2010	Explicitar o conteúdo, objetivos e exigências da PNRS	Palestra sobre a Lei nº 12.305/2010, bem como todas as mudanças na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos após sua criação	Grupos de Discussão	2 horas
2	Responsabilidade Ambiental	Despertar o senso de responsabilidade ambiental de cada cidadão	Palestra sobre conscientização ambiental e o papel de cada cidadão nesse íterim.	Dinâmica em grupos e Discussão	2 horas
3	Geração de RSU	Reduzir a geração de resíduos sólidos urbanos nas residências	Palestra sobre gerenciamento de RSU, desde a geração até a disposição final, com enfoque ao não desperdício	Questionários de avaliação de conhecimentos	2 horas
4	Coleta Seletiva de Recicláveis	Incentivar a segregação de RSD dentro das residências	Palestra sobre os benefícios econômicos e ambientais da coleta seletiva, bem como a política dos 4R's Oficina de montagem de materiais com uso de resíduos recicláveis	Dinâmica de avaliação	4 horas
5	Tratamento de Resíduos	Incentivar iniciativas pontuais, como a construção de leiras de compostagem nos quintais das residências	Elaboração de cartilhas e palestras para esclarecimento de dúvidas e explicitação dos benefícios. Oficina de construção e operação de leiras de compostagem de RSD	Questionários de avaliação de conhecimentos	4 horas
6	Disposição Final de Resíduos	Incentivar à população a participar de todo processo de gerenciamento de RSD, começando no interior de suas residências.	Palestra sobre a importância da participação social no processo de gerenciamento de RSD Visita técnica ao aterro sanitário	Questionário de avaliação de conhecimentos	4 horas

Quadro 5.1 - Atividades de capacitação para os professores do ensino público

Atividade	Situação-problema	Objetivo	Estratégia	Avaliação	Duração
7	Consumismo, Desperdício e Geração de RSU	Incentivar a cultura do não desperdício e da política dos 4R's	Apresentação de cartilhas e material didático sobre como melhorar o gerenciamento de RSU (não geração, política dos 4R's)	Questionário de avaliação de conhecimentos	3 horas
			Oficina com exemplos de alternativas sustentáveis às práticas consumistas e ao desperdício.		
8	Consumo elevado de papel	Reduzir o consumo e reciclar o papel utilizado na escola; Utilizar a impressão frente/verso e imprimir somente o necessário; Confeccionar materiais artísticos com papel reciclado.	Apresentação de uma oficina de reciclagem, mostrando todas as etapas da reciclagem do papel Apresentação de uma oficina de arte com papel reciclado	Registro fotográfico e documental das atividades realizadas	3 horas
9	Consumo elevado de água e energia elétrica	Reduzir o consumo de energia elétrica; Reduzir o consumo de água e reaproveitar água no uso doméstico e escolar.	Apresentação do material didático elaborado e orientações para a utilização do material Apresentação de projeto interdisciplinar sobre redução do consumo de água na escola	Os professores avaliarão o material didático elaborado e o projeto apresentado por meio de um questionário	3 horas
10	Consumo e descarte de embalagens e materiais descartáveis	Diminuir a geração de resíduos e reaproveitar materiais para a confecção de brinquedos e obras artísticas	Apresentação de oficina de sucata, abordando a utilização de diferentes materiais na confecção de jogos e brinquedos educativos.	Registro fotográfico e documental das atividades realizadas	3 horas

As atividades direcionadas aos estudantes e professores poderão ocorrer no próprio ambiente da escola; enquanto que para os trabalhadores, aposentados e a população em geral, podem ser levadas aos centros de integração comunitária, salões, igrejas, etc. Estas atividades deverão ser desenvolvidas por uma equipe multidisciplinar de educadores ambientais e técnicos da área, para a execução das palestras e oficinas.

Todos os conhecimentos obtidos nas atividades de capacitação dos professores do ensino público deverão ser retransmitidos aos alunos, por meio de aulas de conscientização ambiental, palestras, oficinas, bem como material didático, previamente fornecido durante os cursos de capacitação.

Para este fim, serão confeccionados cartilhas e materiais didáticos (Figura 5.4) sobre consumo sustentável, coleta seletiva de resíduos domiciliares, dicas de construção de leiras de compostagem da fração orgânica dos RSD, os quais serão distribuídos para alunos do Ensino Fundamental nas escolas de Campinas-SP. Para os alunos de Ensino Médio, além dos materiais didáticos, é fundamental que sejam desenvolvidas atividades práticas, como as oficinas de construção e operação de leiras de compostagem e de reaproveitamento de resíduos recicláveis.

Figura 5.4 - Exemplo de Cartilha de Coleta Seletiva

FONTE: UNIGENTE, 2013

Vale lembrar que algumas ações já vêm sendo desenvolvidas pelas redes de ensino do município (Figura 5.5), como as aulas de conscientização ambiental nas praças públicas - que promovem a aproximação do estudante com o meio ambiente. No entanto, essas práticas devem se tornar cada vez mais corriqueiras, tanto nas escolas públicas quanto privadas, a fim de despertar nos jovens os sentidos de: compreensão, sensibilização, responsabilidade, competência e cidadania ambiental.

Figura 5.5 - Aula de Educação Ambiental na Praça Carlos Gomes

FONTE: Autor, 2013

A Tabela 5.1 destaca algumas escolas municipais com potencial para o desenvolvimento de programas de educação ambiental, seja pela existência de corpo docente, ou iniciativas em parceria com órgãos como a CATI ou a Prefeitura Municipal.

Tabela 5.1 – Escolas Municipais para Programas de Educação Ambiental

ESCOLA	BAIRRO	REFERÊNCIA
EMEF/EJA RAUL PILA	JARDIM FLAMBOYANT	NAED LESTE
EMEF/EJA ANGELA CURY ZAKIA	NOVA SOUSAS	NAED LESTE
CEMEI CORUJINHA	JD ESPLANADA	NAED SUDOESTE
EMEF/EJA PROFA ODILA MAIA ROCHA BRITO	JD SAO DOMINGOS	NAED SUL
EMEF/EJA MARIA PAVANATTI FAVARO	JD SAO CRISTOVAO	NAED SUDOESTE
CEI NAVE MÃE LEONEL BRIZOLA	JARDIM MARISA	NAED SUL
CEI NAVE MÃE MAYARA MASSON CHRISTOFOLETTI	JARDIM DO LAGO II	NAED SUL
CEMEI HAYDEE MARIA PUPO NOVAES	PQ UNIVERSITARIO	NAED SUDOESTE
CEMEI MARIA JOSÉ GONÇALVES	JD AERONAVE	NAED SUDOESTE
EMEI CASINHA FELIZ	JD ESMERALDINA	NAED SUL
EMEI ESTRELINHA	DIC VI	NAED SUDOESTE
CEMEI IRMA JOANA KALLAJIAN	VL PE ANCHIETA	NAED NORTE
CEMEI MARILENE CABRAL	DIC I	NAED SUDOESTE
CEMEI NAIR VALENTE DA CUNHA	JD SANTA LUCIA I	NAED SUDOESTE
EMEI CON MANOEL GARCIA	BONFIM	NAED NORTE
EMEF/EJA JOÃO ALVES DOS SANTOS	BOA VISTA	NAED NORTE
CEMEI PROF ZEFERINO VAZ CAIC	VL UNIÃO	NAED SUDOESTE
EEI PADRE FRANCISCO SILVA	VILA CASTELO BRANCO	NAED NOROESTE
EMEF PE AVELINO CANAZZA	VL FORMOSA	NAED SUL
EMEF/EJA PROFA CLOTILDE BARRAQUET VON ZUBEN	JD FLORENCE II	NAED NOROESTE
EMEF PROF VICENTE RAO	PQ INDUSTRIAL	NAED SUL
EMEF/EJA PROFA DULCE BENTO NASCIMENTO	GUARA	NAED NORTE
EJA PIERRE BONHOMME, CEMEFEJA	VL INDUSTRIAL	NAED SUL
EMEI PROFª LUCIANE RIBEIRO VILELA	JD CAMPO BELLO	NAED SUL
CEMEI PEZINHOS DESCALCOS	JD CARLOS LOURENÇO	NAED SUL

Ao se analisar a Tabela 5.1, não por acaso, a maioria das escolas encontra-se concentrada nas regiões Sul e Sudoeste e essa tendência se justifica por essas áreas também concentrarem a maior parcela da população - aproximadamente 54%, o que representa cerca de 589.093 habitantes.

Há também outras iniciativas que merecem ser destacadas, como os cursos de reciclagem oferecidos pelo Instituto Campineiro dos Cegos Trabalhadores (ICCT – Figura 5.6), nos quais os deficientes visuais são incentivados a desenvolver suas habilidades com os resíduos recicláveis. Desde seu início, o projeto já gerou mais de 100 peças com materiais reaproveitáveis. Ações como estas contribuem para despertar na sociedade, principalmente, os sentidos de competência e cidadania ambiental.

Figura 5.6 – Projeto de Reciclagem do ICCT

Outro fato que mereceu destaque no ano de 2013 - na interface entre conscientização ambiental e demais setores - foi o Sistema de Rodovias Anhanguera-Bandeirantes que coletou 271 toneladas de resíduos sólidos não recicláveis de suas vias e 341 toneladas de recicláveis, os quais foram doados a uma Cooperativa de Reciclagem de Jundiaí, de acordo com a concessionária *AutoBan*, que administra as vias de 322 quilômetros de extensão. Tal levantamento vinculou a ocorrência de acidentes ao descarte irregular de resíduos sólidos pelos transeuntes, contabilizando um total de 2.000 toneladas para o ano, nas rodovias que cortam a Região Metropolitana de Campinas.

Além das atividades supracitadas, o Programa de Educação Ambiental poderá ser complementado pela inclusão de campanhas de resíduos sólidos, como:

- promoção de concursos de redação com a temática de resíduos sólidos, sustentabilidade, benefícios de um consumo consciente aliado à gestão adequada, etc;

- promoção de concursos de fotos que ilustrem irregularidades sobre o tema, com exposição de todos trabalhos inscritos;
- realização de concursos para premiação dos bons exemplos de iniciativas isoladas que contribuam com a gestão e/ou o gerenciamento de resíduos sólidos;
- entrevistas nas emissoras de rádio ou pautas em jornais diferentes grupos da sociedade, a fim de coletar opiniões sobre a temática.

Outro segmento da sociedade que merece ser lembrado nas ações que envolvam educação ambiental são as empresas, as quais poderiam desenvolver campanhas na linha da sustentabilidade e gerenciamento de resíduos sólidos, conforme exemplo da Figura 5.7. Em contrapartida, tais ações poderiam ser apoiadas pelo poder público a fim de se tornar cada vez mais comuns, através de incentivos fiscais.

Figura 5.7 - Educação Ambiental nas Empresas

B) Programa de Comunicação Social (PCS)

O Programa de Comunicação Social apresenta relação direta com o Programa de Educação Ambiental, ou seja, estará voltado principalmente, à divulgação e notoriedade dessas atividades. A divulgação das seis (06) atividades - direcionadas ao público em geral, que compõe o Programa de Educação Ambiental - deverá ser feita continuamente durante o mês que antecede a realização de cada evento, em todos os meios de comunicação possíveis, como:

- serviço de espera telefônica do setor responsável pela limpeza urbana, com listagem de canais de informação;

- textos e *spots* para rádio, pautas nos sites das Secretarias da Prefeitura, redes sociais - *Facebook* e *Twitter*;
- informativos impressos mensais;
- anúncios publicitários em jornais impressos locais, como o *Metro* e o *Destak*;
- publicações no Diário Oficial de Campinas;
- notícias nos telejornais das emissoras locais.

Ressalta-se que a comunicação dos eventos e atividades deverá ser repetida frequentemente e em turnos diferentes nos diversos meios de comunicação, através de uma linguagem simples e direta, a fim de que atinja o maior número possível de pessoas. Já para as atividades de capacitação dos professores, a cada ano letivo deverá ser prevista a realização dos quatro (04) eventos durante o período de planejamento de ensino, em comum acordo entre todas as escolas do ensino público de Campinas, quanto às datas, locais e horários.

Além disso, o Programa também prevê a disponibilização de um canal de atendimento gratuito à população geral via contato telefônico para o esclarecimento de dúvidas sobre a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos no município de Campinas, divulgação de informações sobre os pontos de entrega voluntária (PEV's), organização de eventos, bem como denúncias em geral.

5.3.1.1.5 Inter-relação com outros Programas

Todos os programas propostos na presente pesquisa apresentam uma relação direta, já que para a implementação do Programa de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva dos Resíduos Sólidos Domiciliares (5.3.1.2) e do Programa de Compostagem dos Resíduos de Limpeza Urbana (5.3.1.3) é fundamental que os Programas de Educação Ambiental (5.3.1.1) e Comunicação Social (5.3.1.1) estejam implantados e em funcionamento contínuo.

Consequentemente, com a disseminação do senso de responsabilidade ambiental e o incentivo de práticas sustentáveis, um menor volume de resíduos sólidos urbanos chegará à drenagem urbana e será encaminhado à disposição final, o que implicará numa menor geração de lixiviado a ser tratado no Programa de Tratamento de Lixiviados do Aterro Sanitário Delta A em reatores UASB, Campinas-SP (5.3.1.4).

5.3.1.1.6 Custos Estimados

A planilha de custos anuais estimados para algumas das ações previstas nos Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social (por escola) pode ser visualizada na Tabela 5.2 Tabela 5.13. Estima-se que no município de Campinas haja um total de 600 unidades escolares, entre: municipais, estaduais e particulares.

Tabela 5.2 - Custos Anuais Estimados para o PEA e PCS

Programa	Atividades por Escola		Total (h)	Custos Estimados (R\$/ escola)
PEA	Oficinas	Moderador	12	3.600,00
		Equipe (05 pessoas)	12	6.000,00
PEA	Palestras		14	1.400,00
PEA	Material Didático			1.200,00
PEA	Visitas Técnicas		02	1.000,00
PCS	Divulgação e <i>Marketing</i>			409.125,00

Os custos para as Oficinas Participativas foram estimados por unidade escolar, contando com uma equipe de um (01) moderador e cinco (05) educadores ambientais, que totalizam em 12 horas de atividades. Para as Palestras Técnicas, os custos basearam-se em 14 horas de atividades, por unidade escolar. Enquanto para as Visitas Técnicas, o valor corresponde ao atendimento de um público de cem (100) pessoas, por evento.

Já os custos estimados para a Divulgação e *Marketing* referem-se ao valor total anual previsto para as atividades no município de Campinas. Ressalta-se que estes custos podem ser suprimidos pela formação de parcerias com Universidades, ONG's, etc.

5.3.1.1.7 Benefícios do Programa de Educação Ambiental e Comunicação Social

Com a implantação e operação em conjunto dos Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social, podem ser destacados alguns benefícios ambientais, econômicos e sociais:

- esclarecimento de dúvidas da população sobre seus direitos e deveres quanto ao serviço de saneamento básico prestado, referente aos resíduos sólidos e as exigências da PNRS, Lei nº 12.305/2010;

- despertar de um senso de responsabilidade ambiental em cada cidadão, o qual permita com que ele se situe no processo de gerenciamento de resíduos sólidos;
- engajamento na prática de não geração e aplicação da política de 4R's (redução, reutilização, recuperação energética e reciclagem);
- incentivo às iniciativas isoladas, para aqueles que desenvolvem práticas benéficas ao gerenciamento de resíduos sólidos, como a construção de leiras de compostagem para o tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares;
- desenvolvimento de atividades recreativas de interação entre homem e meio ambiente, a fim de despertar seu senso de cidadania e consciência ambiental;
- redução no consumo de água e energia elétrica nas residências;
- desenvolvimento de atividades culturais nas escolas, que reforcem a ideia de reutilização/reciclagem de materiais antes descartáveis.

5.3.1.1.8 Conclusão

A fim de beneficiar o Plano Municipal de Saneamento Básico de Campinas através de medidas de gestão de resíduos sólidos urbanos, é fundamental que os Programas Ambientais estejam inter-relacionados e funcionando continuamente.

Desta forma, os Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social, além de servirem como ferramentas de planejamento das ações, subsidiarão o desenvolvimento dos demais programas, por meio dos princípios fundamentais de conscientização e mobilização social.

APÊNDICE B

5.3.1.2 Programa de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva dos Resíduos Domiciliares (POCS)

Devido ao Programa de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares no município de Campinas-SP ainda ser incipiente, torna-se essencial a proposição de medidas para sua otimização, em busca da melhoria contínua, bem como do incentivo à segregação dos RSD na fonte geradora, de forma a promover benefícios ambientais, sociais, econômicos e prolongar a vida útil do aterro sanitário.

5.3.1.2.1 Justificativa e Abrangência

O Programa de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares justifica-se pela necessidade de aumentar o inexpressivo volume de resíduos sólidos recicláveis coletados atualmente (2,09%) até o seu potencial máximo, da ordem de 35% do total de RSD. Tal necessidade está regulamentada pela PNRS, pela exigência de disposição final apenas de rejeitos.

Além dos benefícios ambientais, podem ser elencados também os sociais, através do apoio às Cooperativas e Associações de Catadores e o despertar do senso de responsabilidade ambiental de cada cidadão. O Programa visa ainda alcançar a universalização da prestação do serviço para áreas urbanas e rurais, a fim de proporcionar a todos um ambiente ecologicamente equilibrado, como citado pelos princípios do Art. 2º da Lei 11.445/2007 e pelo Art. 225 da Constituição Federal de 1988, respectivamente.

5.3.1.2.2 Revisão Bibliográfica

A coleta seletiva foi definida na Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, como a coleta de resíduos sólidos previamente separados de acordo com a sua constituição e composição, devendo ser implementada por municípios como forma de encaminhar as ações destinadas ao atendimento do princípio da hierarquia na gestão de resíduos. A FUNASA (2010) acrescenta ainda que

a coleta seletiva é uma das atividades inseridas no conceito de gestão integrada e compartilhada dos resíduos sólidos urbanos.

A separação ou triagem dos resíduos sólidos pode ser feita nas próprias residências (Figura 5.1), escolas ou empresas, sendo importante ressaltar que a separação dos materiais de nada adianta se estes não forem coletados separadamente e encaminhados para a reciclagem. Através da coleta seletiva, promove-se o prolongamento da vida útil dos aterros sanitários, já que somente a parcela dos rejeitos é encaminhada para a disposição final, como sugere a Lei nº 12.305/2010.

Figura 5.1 – Lixeiras de Coleta Seletiva

Concomitantemente, com a PNRS foi firmado que a partir do estabelecimento do sistema de coleta seletiva ou de logística reversa, o consumidor deve:

- acondicionar adequadamente e de forma segregada os resíduos domiciliares; e
- disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução.

Além disso, o Decreto 7.404/2010 prevê que os consumidores que descumpram suas obrigações estarão sujeitos à advertência e, em reincidência, multas de R\$50 a R\$500 que poderão ser convertidas em prestação de serviços.

No Brasil, os níveis crescentes de desempregados que poderiam ser potencialmente absorvidos pelas Cooperativas e Associações de Catadores enfrentam as consequências da quase inexistência de mecanismos que encorajem a prática desses tipos de iniciativas. A organização em Cooperativas e Associações de Catadores segue os preceitos da economia solidária, Singer (2002) evidenciou a importância do significado social dessas iniciativas.

A Cooperativa possibilita compras em comum a preços menores e vendas em comum a preços maiores (...) é uma

oportunidade de resgate da dignidade humana (...) e de desenvolvimento (...) (SINGER, 2002).

Conforme uma experiência de implantação de coleta seletiva em Cluj- Napoca – situada na Romênia – a quantidade de RSU coletada através da disponibilização de contêineres foi bem baixa, devido à ausência de melhores campanhas informativas ao público, do desenvolvimento de programas educacionais para um meio ambiente mais limpo e do despertar da preocupação de todos agentes sociais sobre a importância de tal prática (ODAGIU *et al.*, 2010).

Após a instituição do Plano Nacional de Manejo de Resíduos Sólidos na Hungria (2003 – 2008), foram financiados treze projetos regionais para o gerenciamento dos resíduos – constituídos por coleta seletiva e estações de tratamento da fração orgânica – responsáveis pelo aumento do volume recuperado e consequentemente, redução do total aterrado – uma vez que fora estimado que a capacidade de deposição não seria suficiente após 2015 (OROSZ e FAZEKAS, 2008).

Sobre o exemplo do que ocorre em Buenos Aires, na Argentina – com a promulgação da lei do Lixo Zero – houve a tentativa de reduzir o volume de resíduos sólidos encaminhados ao aterro sanitário; no entanto, os coletores espalhados na cidade para o devido fim misturavam os resíduos orgânicos com aqueles passíveis de coleta seletiva, o que inviabilizava o processo e acabava por aumentar a quantidade de resíduos que chegavam à disposição final (ABES, 2013^a).

No Estado do Ceará, a empresa de saneamento – que conta com um sistema de coleta seletiva desde 2004 – em 2012, bateu recorde ao recolher 17 toneladas de recicláveis em suas dependências e pela doação de colaboradores, com o intuito de ajudar uma instituição que cuida de crianças portadoras de câncer (ABES, 2012C).

Uma pesquisa realizada em Vitória (ES) – baseada em questionários sob a metodologia qualitativa do Discurso do Sujeito Coletivo – apontou que a participação voluntária da população nos programas de coleta seletiva é baixa, mas que pode aumentar a longo prazo. Alguns fatores facilitadores que podem ser citados seriam a adequação da estrutura operacional implantada para dar suporte ao programa de coleta seletiva e a existência de ações continuadas de divulgação, mobilização e informação. Por outro lado, devem-se procurar alternativas para suprimir/minimizar os fatores que dificultam a participação na coleta seletiva, como: a falta de divulgação dos resultados, a acomodação e o desinteresse da população, o descrédito relativo às ações oriundas do

poder público e a falta de espaço, nas residências para armazenar os resíduos recicláveis, dentre outros (BRINGHENTI e GUNTHER, 2011).

Já quanto à logística, um estudo de Análise de Ciclo de Vida (ACV) desenvolvido para áreas urbanas densas na União Europeia, comparou três modelos de coleta seletiva: multi-contêineres, porta-a-porta e sistemas pneumáticos móveis – baseados em redes de tubulações subterrâneas, que promovem a sucção pneumática dos resíduos, coletados por meio de caminhões específicos (IRIARTE *et al.*, 2009).

Os autores concluíram que a nível urbano, o modelo multi-contêineres apresentou o menor impacto ambiental avaliado, uma vez que para uma distância média de 20 km percorridos, o sistema móvel pneumático resultou em maiores impactos e maior demanda por energia (28% a mais que nos outros modelos). No entanto, o que se nota em todos os exemplos estudados, é que o transporte ainda constitui a etapa mais crítica no sistema de coleta de resíduos sólidos.

5.3.1.2.3 Metodologia

A compilação de dados sobre o gerenciamento de cada etapa da coleta seletiva em Campinas-SP se desenvolveu por meio de informações brutas fornecidas pelo Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal (DLU-PMC), visitas de campo, entrevistas com os responsáveis pela prestação do serviço, bem como o levantamento dos demais estudos e ações pré-existentes para uma antiga tentativa de implantação da coleta seletiva de resíduos domiciliares na malha urbana do município.

Paralelamente, a existência/funcionamento dos Pontos de Entrega Voluntária (PEV's), bem como as Cooperativas ou Associações de Catadores foram levantados juntos ao cadastro municipal da Prefeitura.

Ademais, a Central de Triagem e Reciclagem de Resíduos (CTRR) proposta para ser construída no Complexo Delta foi baseada no modelo adotado no município de Uberaba-MG, descrito por Teobaldo Neto e Nishiyama (2005).

5.3.1.2.4 Ações Propostas

O Programa de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares de Campinas-SP (POCS) tem como objetivo principal agregar melhorias ao que já ocorre atualmente, através das seguintes ações:

- fortalecer os Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social, contemplados no item 5.3.1.1;
- verificar a necessidade de instalação de Pontos de Entrega Voluntária (PEV);
- propor a instalação da lixeira de rejeitos nos dispositivos de coleta seletiva;
- atualizar o cadastro das Cooperativas e Associações de Catadores;
- ampliar a abrangência da coleta seletiva na malha urbana para 100%;
- estender a coleta seletiva para as áreas rurais;
- criar a Central de Triagem de Resíduos Recicláveis no Complexo Delta para a fração recolhida na coleta regular de RSD, a qual não foi segregada na fonte geradora.

A) Apoio aos Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social

A fim de que os Programas de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (5.3.1.2), de Compostagem dos Resíduos de Limpeza Urbana (5.3.1.3) e de Controle de Poluição Difusa Originada de Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem (5.3.1.5) atinjam seus objetivos, é fundamental que os Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social (5.3.1.1) estejam integrados e funcionando continuamente durante toda a vigência do PMSB.

As ações devem ser desenvolvidas como especificado em cada Programa, para atingir as áreas de grande circulação de pessoas, bem como aquelas, em que haverá a expansão da coleta seletiva; a fim de disseminar as informações e conscientizar sobre a responsabilidade ambiental de cada cidadão. Para tanto, é fundamental que os cidadãos estejam familiarizados com alguns conceitos básicos e nomenclaturas (Figura 5.2).

Outra necessidade de intervenção – constatada durante fase de diagnóstico na região central de Campinas – estima que haja uma demanda de instalação de 1440 papeleiras para atender o volume de resíduos gerados.

Figura 5.2 – Cores da Coleta Seletiva

FONTE: TEKPLAST, 2013

B) Manutenção e Instalação de novos Pontos de Entrega Voluntária (PEV's)

Os Ecopontos são áreas da Prefeitura com estrutura física e pessoal treinado para gerenciamento e estocagem provisória de resíduos sólidos gerados pelos munícipes, incluindo refugos de pequenas obras de construção civil, além de materiais potencialmente recicláveis. Além disso, também recebem restos de podas e aparas de vegetação ou ainda materiais com características especiais, como:

- Sucatas Eletrônicas (equipamentos eletrônicos e eletrodomésticos sem utilidade)
- Resíduos de podas de jardinagem
- Madeiras
- Móveis velhos
- Pilhas e baterias
- Lâmpadas fluorescentes queimadas

Atualmente, estão cadastrados dez (10) Ecopontos em funcionamento diário: Jardim São Gabriel; Parque Tropical; Jardim Paranapanema; Jardim Eulina; Parque Itajaí; Jardim Pacaembu; Parque São Jorge; Bairro Vida Nova (Figura 5.3); Vila Campos Sales; Ecoponto DLU – Pneus e Lixo Eletrônico (Figura 5.4).

Figura 5.3 – Ecoponto Bairro Vida Nova

FONTE: DLU-PMC, 2013

Figura 5.4 – Ecoponto DLU – Pneus e Lixo Tecnológico

FONTE: DLU-PMC, 2013

Já os Pontos Verdes são locais devidamente preparados com caçambas para estocagem provisória de resíduos sólidos da construção civil originários de pequenos geradores, especialmente os provenientes de pequenas obras de construção civil, além de materiais com potencial de serem reciclados, como resíduos de podas e aparas de vegetação, sendo eles: Satélite Íris, Carlos Grimaldi, Vista Alegre, Sapucaí, São Domingos, Vila Brandina, Distrito de Sousas e Costa e Silva; Bosque dos Jequitibás – Ponto Verde Reciclável; Lagoa do Taquaral – Ponto Verde Reciclável (Figura 5.5); Parque Ecológico – Ponto Verde Reciclável.

Figura 5.5 – Ponto Verde Lagoa do Taquaral

FONTE: DLU-PMC, 2013

Destaca-se que um dos fatores fundamentais na análise de necessidade de implantação dos ecopontos foi a identificação de mais de duzentos e oitenta (280) pontos de descarte irregular de resíduos sólidos, em pesquisa realizada pelo DLU-PMC em conjunto com as Administração Regionais e Subprefeituras de Campinas. A partir dessa análise, estes PEV's foram distribuídos em todos os setores da cidade, para receber de maneira segregada não só os resíduos recicláveis, mas também os resíduos de construção civil (entulhos, madeiras), resíduos de significativo impacto ambiental (lâmpadas, pilhas, baterias, lixo eletrônico, óleo comestível, pneus, etc.), bem como os resíduos provenientes de poda e capina.

Portanto, para a otimização da prestação de serviços, torna-se fundamental que sejam verificadas as atuais condições dos PEV's, a fim de priorizar manutenções, como:

- analisar demandas, capacidade e tipos de resíduos sólidos descartados;
- garantir a segregação dos resíduos sólidos na fonte;
- ajustar a frequência de coleta de acordo com as necessidades locais, evitando o transbordamento dos recipientes de armazenamento;
- priorizar a manutenção das áreas, em que há grande circulação de pessoas.

De maneira complementar, os novos PEV's – em torno de 88 – deverão ser instalados nos setores em que haja um maior fluxo de pessoas, como áreas centrais, próximas ao comércio, às redes de transporte público, etc.; ou ainda naqueles setores ou bairros, em que sejam constatadas necessidades de aumento da capacidade de recebimento.

C) Instalação de Lixeira de Rejeitos

A fim de atender a uma das premissas da PNRS de encaminhar apenas os rejeitos à disposição final em aterro sanitário, é fundamental que o sistema de coleta seletiva seja tanto regular, quanto efetivo. Nesse sentido, outra sugestão simples é que sejam acoplados aos já tradicionais dispositivos de coleta seletiva, a lixeira de rejeitos (Figura 5.6), a fim de promover a segregação da fração orgânica.

O que pode ser notado é que muitas vezes, quando ocorre a mistura da matéria orgânica com os rejeitos nas lixeiras (fraldas descartáveis, restos de papel higiênico, etc.), surge a vulnerabilidade para a contaminação de uma fração, a qual poderia ser encaminhada – por exemplo, para o tratamento via compostagem.

Figura 5.6 – Lixeira de Rejeitos

FONTE: DIBRAX, 2013

D) Cadastro das Cooperativas e Associações de Catadores

Como a coleta seletiva está diretamente relacionada com o manejo destes materiais pelas Cooperativas e Associações de Catadores, é essencial que elas estejam cadastradas e em pleno funcionamento, a fim de garantir suporte ao recebimento de demandas futuras, quando o serviço se universalizar por 100% da malha urbana.

Atualmente, estão cadastradas quinze (15) Cooperativas pela Prefeitura Municipal (Figura 5.7) das quais doze (12) estão incumbidas de receber todos os recicláveis coletados, duas (02) trabalham com os resíduos gerados no seu local de instalação – Usina de Reciclagem de Materiais (URM) para entulhos e CEASA – e uma (01) voltada ao óleo de cozinha, sendo elas: Aliança; Antonio da Costa Santos; Barão; Bom Sucesso; Divipaz; Dom Bosco; Havilá; Reciclar; Santa Genebra; Santo Expedito;

Santos Dumont; São Bernardo; Unidos da Vitória (CEASA); Tatuapé (URM) e Remodela (Biodiesel).

Figura 5.7 – Cooperativa de Catadores de Recicláveis em Campinas

FONTE: RENOVA AMBIENTAL, 2014

A atualização das informações sobre as antigas e o cadastramento das novas Cooperativas ou Associações de Catadores é fundamental para que haja uma estimativa sobre a capacidade de recebimento, bem como a disponibilização de infraestrutura básica para o seu pleno funcionamento, segundo uma escala de prioridades na Prefeitura Municipal. A partir desse cadastro, algumas iniciativas poderão ser implantadas, como:

- identificar a estrutura física de cada Cooperativa, sua área de instalação e equipamentos, como – esteira ou mesa adequada para a triagem de resíduos, prensas, balanças industriais e carrinhos para transporte. Essa medida é fundamental para que haja hierarquização nos investimentos para aquelas mais carentes de recursos;
- fornecer equipamentos de proteção individual (EPI's), os quais garantam a saúde do trabalhador, de acordo com a função que for desempenhar;
- promover treinamentos de capacitação continuada com os catadores cooperados ou associados;
- incentivar à alfabetização dos cooperados e associados, a fim de torná-los suficientemente capazes de se auto coordenar e gerir suas finanças;
- integrar os associados ou cooperados nos programas sociais existentes em âmbito municipal, estadual e federal;
- incentivar os catadores informais à inserção em Cooperativas e Associação de Catadores;

- buscar incentivos fiscais para o aumento dos benefícios dos cooperados e associados, a fim de fortalecer a classe.

Além disso, deve ser garantido que, em caso de firmação de uma PPP (Parceria Público-Privada) para a prestação de serviços na área de resíduos sólidos – como vem sendo discutido atualmente pelos gestores públicos – as Cooperativas/ Associações devem estar integradas nesse contrato. Uma alternativa seria que lhes fosse garantida a coleta e comercialização dos recicláveis pela PPP, mediante sua contratação.

E) Ampliação da Abrangência da Coleta Seletiva nas Áreas Urbanas e Rurais

Atualmente, a coleta seletiva cobre 75% dos bairros da malha urbana (Figura 5.8) e deve ser universalizada para 100%, incluindo as áreas rurais. Lembrando que Campinas apresenta uma extensa área rural em seu território e é imprescindível que esta também seja contemplada pelo sistema de coleta seletiva.

Na Figura, ao se focar na área urbana, destaca-se a abrangência da prestação do serviço concentrada, principalmente, na região central. De modo que na porção sul – a qual concentra a maior parte da população – o serviço não se encontra disponível.

Figura 5.8 – Malha Urbana de Campinas

A priori, considerando a pouca densidade demográfica nessas regiões, torna-se viável a instalação de Pontos de Entrega Voluntária (PEV's) – do tipo Pontos Verdes – para que os moradores possam segregar em pontos estratégicos: o resíduo reciclável; de construção civil; de pequenas reformas; de limpeza urbana proveniente de pequenas podas, capinas e roçadas e aquele de significativo impacto ambiental (pilhas, baterias, lâmpadas, lixos eletrônicos, embalagens de agrotóxicos, óleos comestíveis, etc).

F) Central de Triagem de Resíduos Recicláveis (CTRR)

A fim de atender as exigências da PNRS – Lei nº 12.305/2010, a qual estabelece o descarte apenas de rejeitos nos aterros sanitários, torna-se imprescindível que haja uma melhoria na segregação de recicláveis, inclusive daqueles que não foram absorvidos pela coleta seletiva. Para tanto, propõe-se a criação de uma Central de Triagem de Resíduos Recicláveis no Complexo Delta.

Assim, a Central de Triagem de Resíduos Recicláveis (CTRR) trabalharia com o volume de RSD encaminhado ao aterro sanitário, o qual passaria por uma triagem, para respectiva separação da fração reciclável. Outra finalidade da CTRR seria a separação da fração orgânica dos resíduos domiciliares a ser encaminhada ao Programa de Compostagem dos Resíduos de Limpeza Urbana (5.3.1.3).

Um exemplo bem sucedido é a Usina de Triagem e Reciclagem de Uberaba- MG (Figura 5.9), como descrevem Teobaldo Neto e Nishiyama (2005). Na primeira etapa, o RSD é descarregado no fosso de depósito inicial com capacidade de aproximadamente 500 toneladas. Uma garra hidráulica com capacidade de 1,5 ton. Alimenta a esteira de separação dos resíduos, a partir daí o RSD segue para uma peneira rotativa circular com malha de 20 x 20 cm e pontas rasga-sacos. A seguir, ele é direcionado para duas esteiras de catação com 13 metros de comprimento, onde é segregado manualmente nos tipos: papelão, papel, plástico fino, outras embalagens plásticas, alumínio, metal, vidro, cobre e rejeitos em geral (panos, pneus, madeira, etc.). Posteriormente, o RSD passa por um eletroímã, onde é feita a retenção de todo material ferroso existente. Na sequência, os resíduos passam por um peneiramento fino com malha variável de 12 a 18 mm e raspador interno separando de um lado composto orgânico e de outro lado, rejeito fino.

Outros exemplos são as duas Centrais de Triagem de São Bernardo do Campo, a qual aumentaram de 0,8 para 4,0% a quantidade de materiais triados, com meta para chegar à 10% até 2016. No município, a coleta porta-a-porta é realizada por uma

empresa terceirizada – contratada via Parceria-Público-Privada (PPP) – enquanto a triagem e a comercialização dos recicláveis são de responsabilidade de duas Cooperativas – Cooperluz e Reluz (CEMPRE, 2015).

No caso específico de Campinas, a CTRR poderia ser instalada no Complexo Delta (atual estação de transbordo), de forma a doar os resíduos recicláveis para a comercialização via Cooperativas e Associações de Catadores cadastradas junto à Prefeitura Municipal, enquanto a fração orgânica poderia ser encaminhada ao pátio de compostagem; o que contribuiria para uma disposição final mais próxima da ideal, ou seja, apenas do rejeito.

Figura 5.9 – Usina de Triagem e Reciclagem de Uberaba – MG

FONTE: Teobaldo Neto e Nishiyama, 2005

G) Contêineres de Recicláveis para a Coleta Mecanizada

Durante as “Oficinas Participativas para a construção do Plano Municipal de Recursos Hídricos de Campinas”, bem como a “Audiência Pública sobre a Coleta Mecanizada” – ambas realizadas pela Prefeitura Municipal de Campinas em 2014 – foram reivindicadas ações voltadas à educação ambiental, comunicação social, além da instalação de contêineres para recicláveis no novo método de coleta mecanizada, uma vez que os prestadores de serviço disponibilizaram apenas dispositivos de armazenamento voltados para a fração orgânica.

Na prática, tais contêineres que deveriam receber apenas os resíduos orgânicos, acabam por armazenar também os recicláveis e os rejeitos; ou seja, a forma como o processo é conduzido não induz à eficácia na coleta seletiva.

5.3.1.2.5 Inter-relação com outros Programas

Todos os programas propostos na presente pesquisa têm uma relação direta, já que para a implementação do Programa de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva dos Resíduos Domiciliares é fundamental que os Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social estejam implantados e com funcionamento contínuo.

Paralelamente, com a execução do presente programa, os Programas de Compostagem dos Resíduos de Limpeza Urbana (5.3.1.3), de Tratamento do Lixiviado de Aterro Sanitário (5.3.1.4) e de Controle de Poluição Difusa Originada de Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem (5.3.1.5) também serão beneficiados, uma vez que haverá PEV's para coleta de RLU instalados nos bairros; menor demanda de resíduos de outras classes misturados nos serviços de varrição; bem como um menor volume de resíduos sólidos aterrados; e consequentemente, de lixiviados.

5.3.1.2.6 Custos Estimados

A planilha de custos de algumas das ações previstas no Programa de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares encontra-se na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Custos Estimados para POCS

Especificação do Serviço	Custos Estimados (R\$)
Coleta e Transporte Regular de RSD (t)	114,66
Coleta Seletiva Porta a Porta (t)	611,95
Fomento às Cooperativas (um)	386.000,00
Papeleiras na Área Central (um)	310,00
Lixeira de Rejeitos (um)	70,00
Lixeiras de Coleta Seletiva (um)	1.700,00
Contêineres em locais estratégicos (um)	1.100,00
Novos Ecopontos (um)	100.000,00
Operação do Ecoponto (um)	16.567,90
Central de Triagem de Resíduos Sólidos ¹	300.000.000,00 ¹
Contêiner Coleta Mecanizada (um)	1.100,00

¹ Valor estimado por orçamento do DLU-PMC (2013)

5.3.1.2.7 Benefícios do Programa de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares

Com a implantação e operação do Programa de Otimização de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (POCS), podem ser destacados alguns benefícios nas várias interfaces – ambientais, econômicas, sociais, etc.:

- Indicação da necessidade de manutenção e redimensionamento da capacidade dos Pontos de Entrega Voluntária (PEV's) de resíduos sólidos;
- Avaliação da necessidade de instalação de novos Pontos de Entrega Voluntária (PEV's) nos bairros ainda não contemplados e naqueles, cuja capacidade máxima já foi atingida;
- Identificação das dificuldades existentes para o funcionamento das Cooperativas e Associações de Catadores, como equipamentos de trabalho, estrutura física, equipamentos de proteção individual (EPI), etc;
- Cadastramento das futuras Cooperativas e Associações de Catadores, a fim de se obter disciplinadamente um melhor gerenciamento de sua operação;
- Geração de renda às Cooperativas de Catadores, a partir de uma política de reconhecimento do valor dos resíduos reutilizáveis e pagamento ao protetor-recebedor;
- Ampliação da coleta seletiva dos resíduos sólidos recicláveis para toda malha urbana do município de Campinas – que atualmente gira em torno de 75% - implicando num menor volume aterrado;
- Ampliação da coleta seletiva de resíduos sólidos recicláveis para área rural – a qual atualmente não existe – de forma a reduzir os impactos ambientais de uma disposição final inadequada;
- Criação da Central de Triagem de Resíduos Recicláveis que trabalhará em paralelo à Coleta Seletiva, com o intuito de maximizar a segregação, já que servirá para triar aqueles recicláveis que não foram separados na fonte geradora e consequentemente, recolhidos pela coleta seletiva de RSD; e
- Instalação de contêineres de recicláveis para a coleta mecanizada dos resíduos domiciliares, a fim de aperfeiçoar e fomentar a coleta seletiva.

5.3.1.2.8 Conclusão

O Programa de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares como já comentado anteriormente, apresenta relação direta com todos os programas propostos em benefício ao Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Concomitantemente, outro papel fundamental da execução desse programa consiste no engajamento social mobilizado e na universalização da prestação dos serviços de saneamento básico – um dos princípios da PNSB Lei 11.445/2007.

APÊNDICE C

5.3.1.3 Programa de Compostagem dos Resíduos de Limpeza Urbana (PCRLU)

O Programa de Compostagem dos resíduos de limpeza urbana (RLU) foi dimensionado para contemplar o tratamento dos resíduos provenientes da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas da malha urbana do município de Campinas-SP.

Em um segundo momento, quando a instalação dos Pontos Verdes nas áreas rurais do Programa de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (5.3.1.2) estiver concretizada, os contêineres disponibilizados para o armazenamento dos RLU também poderão ser encaminhados para compostagem.

5.3.1.3.1 Justificativa e Abrangência

Atualmente, o município de Campinas promove a compostagem de resíduos somente na Central de Abastecimento de Campinas S.A (CEASA); com a ressalva de que apenas a parcela de resíduos gerada nesse local, passa pelo processo de tratamento.

Em contrapartida, ressalta-se que a compostagem de resíduos de limpeza urbana é uma alternativa interessante, pois além de gerar um composto orgânico estável, passível de ser utilizado nos parques e praças públicas, contribui para a redução de um volume representativo de resíduos sólidos a ser destinado ao aterro sanitário, o que tende a prolongar sua vida útil. Desta forma, uma das ações propostas na presente pesquisa é que seja aplicada a compostagem de toda fração de resíduos de limpeza urbana coletada no município de Campinas-SP.

5.3.1.3.2 Revisão Bibliográfica

Segundo a NBR 13.591 (ABNT, 1996), a compostagem é o processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuada por uma população diversificada de microrganismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação.

Para Kiehl (2004), o processo de decomposição pode ser dividido em três momentos distintos, primeiramente uma fase denominada fitotóxica, seguida de uma fase de bioestabilização e por fim, humificação.

A compostagem pode ser aeróbia ou anaeróbia, em função da presença ou não de oxigênio no processo. Na compostagem anaeróbia, a decomposição é realizada por microrganismos que podem viver em ambientes sem a presença de oxigênio; ocorre em baixas temperaturas, com exalação de fortes odores, além de levar mais tempo até que a matéria orgânica estabilize. Enquanto na compostagem aeróbia, a decomposição é realizada por microrganismos que só vivem na presença de oxigênio; a temperatura pode chegar a até 70°C, os odores emanados não são agressivos e a decomposição é mais veloz (IBAM, 2001).

O processo de compostagem pode ser executado de três maneiras principais (VON SPERLING, 1996):

- Leiras aeradas revolvidas: Revolvimento por tratores, possibilitando a aeração da mistura por convecção e difusão do ar na massa do composto, cujo tempo de detenção é entre 50 e 90 dias;
- Leiras estáticas aeradas: Aeração por tubulação perfurada, com o ar advindo de sopradores ou sendo aspirado, cujo tempo de detenção é entre 30 e 60 dias.
- Reatores Biológicos: Sistemas fechados, com maior controle e menor tempo de reação, cujo tempo de detenção é de pelo menos 14 dias no reator e 14 a 21 dias em cura.

Assim, o processo de compostagem aeróbio de resíduos orgânicos tem como produto final o composto orgânico - um material rico em húmus e nutrientes minerais, o qual pode ser utilizado na agricultura como condicionador de solos, com potencial fertilizante (IBAM, 2001).

Fatores de Influência e Qualidade do Composto

Na literatura, encontram-se vários autores consagrados que discutem a influência de fatores sobre a compostagem - como Haug (1993), Kiehl (2002), entre outros. Assim, a Figura 5.1 apresenta as tendências de evolução das principais variáveis: pH, umidade, matéria orgânica total, nitrogênio total e relação C/N.

Figura 5.1 – Tendência de evolução dos parâmetros de compostagem

FONTE: JARDIM *et al*, 1995

Quanto à sua aplicação, a Figura 5.2 apresenta um fluxograma de legislações e instruções normativas, em âmbito federal, referentes aos compostos orgânicos.

Figura 5.2 - Leis e Instruções Normativas para Compostos Orgânicos

Em 2005, a Instrução Normativa nº 23 estabeleceu especificações para os fertilizantes mistos e compostos. Já em 2009, foi publicada a Instrução Normativa nº 25 de 23/07/2009 que definiu com maior rigor os valores estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, para o composto orgânico comercializável, conforme Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Especificações para fertilizantes mistos e compostos

Parâmetro	Valor (IN23)	Valor (IN 25)
Carbono Orgânico	Mínimo de 15%	Mínimo de 15%
Nitrogênio total	Mínimo de 1,0%	Mínimo de 0,5%
Umidade	Máximo de 50%	Máximo de 50%
Relação C/N	Máximo de 18/1	Máximo de 20/1
Índice de pH	Mínimo de 6,5	Mínimo de 6,0

*IN – Instrução Normativa

FONTE: Ministério da Agricultura, 2005 e 2009

5.3.1.3.3 Metodologia

O levantamento de dados sobre os resíduos de limpeza urbana (RLU) de Campinas-SP foi obtido através de informações junto ao Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal (DLU-PMC), aliadas às visitas de campo.

Operacionalmente, a construção das leiras de compostagem deverá ocorrer sobre pátio impermeabilizado - com canaletas para a drenagem dos lixiviados, sob o sistema de leiras aeradas revolvidas, cujas dimensões serão de 1,20 m de altura x 2,00 m de largura x 3,00 m de comprimento.

As análises físico-químicas de temperatura, pH, umidade, matéria orgânica total, matéria orgânica compostável, matéria orgânica resistente, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitrogênio nítrico e relação C/N serão realizadas de acordo com a padronização do *Standard Methods* (APHA, 2005). De modo que, a temperatura e o pH serão medidos diariamente nas duas primeiras semanas e, posteriormente a cada três (03) dias; enquanto as demais análises serão efetuadas quinzenalmente.

Ressalta-se que na ocorrência de precipitações, as leiras deverão ser cobertas por lonas plásticas para evitar a influência da umidade; bem como será efetuado o seu revolvimento, semanalmente - de forma manual ou mecânica - conforme verificação de necessidade.

Por fim, a qualidade do composto orgânico final a ser utilizado como condicionador de solos para fins paisagísticos será avaliada pelas Instruções Normativas do Ministério da Agricultura e Pecuária vigentes.

5.3.1.3.4 Ações Propostas

Tendo em vista que nos resíduos de limpeza urbana, há aproximadamente 0,8 - 1,2% de N e 45 - 55% de C; bem como na fração orgânica dos resíduos domiciliares, há 0,8 - 1,2% de N e 20 - 27% de C, encontram-se na literatura valores de relação C/N para RLU de 46:1 e RSD de 20:1 (VON SPERLING, 2001).

Além disso, de acordo com Kiehl (2004), o valor ótimo da relação C/N para que se inicie a compostagem é de 33:1. No entanto, a relação de RLU (46:1) é elevada para o início do tratamento por si só. Portanto, sugere-se que haja uma mistura de 50% em volume de resíduos de limpeza urbana com 50% em volume da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares, a fim de que sejam atingidos valores próximos aos ideais do processo. Nesse contexto, Fernandes e Silva (1998) acrescentaram que os resíduos vegetais são um dos mais importantes agentes estruturantes, já que garantem integridade estrutural à mistura, absorvem o excesso de umidade, equilibram a relação C/N, além de servir como fonte de carbono (C) aos microrganismos do processo.

Por conseguinte, para que seja promovida essa mistura, é essencial que o Programa de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares esteja em funcionamento, uma vez que disponibilizará a fração orgânica para compostagem.

A Tabela 5.2 e a Tabela 5.3 apresentam as massas de RSU (kg) geradas em 90 dias - tempo de maturação do composto - que passarão pelo tratamento biológico e o volume necessário da leira de compostagem (m³), respectivamente.

Tabela 5.2 - Massa de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) para Compostagem

RSU	Total (kg)	Leira (50%RLU, 50%RSD)	% do Total Gerado
RLU	15660	15660	100,00 *
RSD	90000	15660	17,40 **

* Porcentagem de RLU destinada à Compostagem

** Porcentagem de RSD destinada à Compostagem

Como pode ser observado na Tabela 5.2, toda a geração de RLU será encaminhada à compostagem, enquanto a parcela de 17,40% de RSD será destinada ao processo. Haja vista que a fração orgânica dos RSD de Campinas é de aproximadamente 46,80%, pode ser estudada a viabilidade da construção de outras leiras de compostagem apenas com resíduos domiciliares, a fim de atender a demanda excedente.

Tabela 5.3 - Dimensionamento das Leiras de Compostagem

Dimensionamento Leira	
Massa de RSU (kg)	31.320,00
Densidade aparente de RSU (kg/m ³) [*]	250,00
Volume Total (m ³)	125,28
Número de Leiras (un)	20,00
Volume da Leira (m ³)	6,26
Altura (m)	1,20
Comprimento (m)	3,00
Largura (m)	2,00

^{*} Densidade Aparente da Caracterização Gravimétrica de RSU da Fração Orgânica por SRHU/MMA, 2012

Desta forma, como descrito na Tabela 5.3 - para atender ao volume demandado, sem prejudicar o processo biológico - poderão ser construídas vinte (20) leiras de compostagem pelo método de pilhas aeradas, cujas dimensões serão de 1,20 m de altura x 2,00 m de largura x 3,00 m de comprimento, com o intuito de facilitar a aeração e a conversão dos compostos biodegradáveis em CO₂ e H₂O, via degradação aeróbia. Ressalta-se ainda que tal construção deverá ser efetuada sob pátio impermeabilizado – dotado de canaletas para a drenagem dos lixiviados, a fim de se evitar que haja contaminação do solo.

De modo que as leiras de compostagem deverão receber a mistura (50%RLU; 50%RSD), em ciclos de noventa (90) dias: os sessenta (60) primeiros para o processo natural de compostagem/bioestabilização e os trinta (30) últimos para a maturação do composto orgânico.

Diariamente, serão analisados alguns parâmetros físico-químicos, a fim de se manter as condições ideais para o processo, como a medição da temperatura e pH. Quinzenalmente, outras análises deverão ser conduzidas, como Umidade, Matéria Orgânica Total, Matéria Orgânica Compostável, Matéria Orgânica Resistente, Nitrogênio Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Nítrico e por fim, a relação C/N; bem como será promovida a aeração das leiras pela técnica de revolvimento.

A técnica de revolvimento utilizada poderá ser manual ou mecânica, conforme a demanda - verificada durante as fases de operação e monitoramento das leiras de compostagem. Ao final do processo de pós-maturação, o composto orgânico deverá apresentar as seguintes características (Tabela 5.4):

Tabela 5.4 - Características do Composto Orgânico Final (50%RLU; 50%RSD)

Parâmetro	Valores Ideais do Composto Orgânico Final
pH	Mínimo de 6,0
Temperatura (°C)	30 - 35
Relação C/N	Máximo de 20:1
Umidade (%)	Máximo de 40

Destaca-se que em complemento aos parâmetros da Tabela 5.18, a faixa ótima de relação C/N é de 8:1 – 12:1. Paralelamente, de acordo com experimentos de Paula (2009) com resíduos orgânicos de áreas verdes, a redução de volume de leiras revolvidas é da ordem de 60%, a qual resultaria em 50,11m³ de composto orgânico final.

Por fim, tal composto orgânico humificado poderá ser utilizado para fins paisagísticos, como condicionador de solos em parques, bosques, praças públicas, bem como na recuperação de áreas degradadas, sob responsabilidade do poder público.

5.3.1.3.5 Inter-relação com outros Programas

Todos os programas propostos na presente pesquisa têm uma relação direta, já que para a implementação do Programa de Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana é fundamental que os Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social (5.3.1) estejam implantados e com funcionamento contínuo, a fim de evitar que outros tipos de resíduos sólidos sejam misturados ao volume destinado ao tratamento via compostagem.

Paralelamente, com a execução do Programa de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva dos Resíduos Domiciliares (5.3.2), haverá a expansão dos PEV's para as áreas rurais que também realizarão o armazenamento dos RLU.

Consequentemente, um menor volume de resíduos sólidos atingirá a drenagem urbana, ou chegará à disposição final, uma vez que essa massa a ser compostada deixará de ser aterrada para gerar um composto orgânico estável, passível de ser utilizado como adubo orgânico, beneficiando indiretamente os Programas de Tratamento de Lixiviados do Aterro Sanitário Delta A em reatores UASB, Campinas-SP (5.3.1.4) e de Controle de Poluição Difusa Originada de Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem (5.3.1.5).

5.3.1.3.6 Custos Estimados

A planilha de custos estimados de algumas das ações previstas no Programa Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana pode ser visualizada na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Custos Estimados para o PCRLU

Especificação do Serviço (Un)	Custos Estimados (R\$)
Coleta de RLU (t)	912,37
Varrição Manual de Vias (km)	67,49
Operação de Limpeza Especial de Calçadas (eq/dia)	1.488,53
Limpeza e Lavagem de Feiras Livres (eq/dia)	1.297,47
Equipe de Serviços Gerais (eq/dia)	1.541,04
Limpeza Mecanizada de Drenagem Urbana (eq/dia)	1.241,40

5.3.1.3.7 Benefícios do Programa de Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana

Com a implantação e operação do Programa de Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana (PCRLU), podem ser destacados alguns benefícios tanto ambientais, econômicos, quanto sociais:

- Redução do volume de resíduos de limpeza urbana encaminhado ao aterro sanitário, uma vez que este será encaminhado ao tratamento via compostagem, o qual reduz o volume total em até 60%;
- Possibilidade de tratamento conjunto da fração orgânica dos resíduos domiciliares com os resíduos de limpeza urbana via compostagem;
- Geração de um composto orgânico estável, passível de ser utilizado como condicionador de solos ou fertilizante em praças, bosques, parques públicos;

5.3.1.3.8 Conclusão

O Programa de Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana é uma alternativa interessante para o tratamento desse tipo de resíduo sólido, uma vez que além de diminuir o volume aterrado - o que implica no aumento da vida útil do aterro - garante a geração de um composto orgânico estável ao final do processo, passível de ser utilizado como adubo orgânico em praças, bosques, áreas verdes do município, etc.

APÊNDICE D

5.3.1.4 Programa de Tratamento de Lixiviados do Aterro Sanitário Delta A em Reatores UASB, Campinas-SP (PTL)

O presente programa contempla o estudo de viabilidade de tratamento dos lixiviados gerados pela decomposição dos resíduos sólidos do aterro Delta A - que já se encontra em fase de encerramento - em conjunto com o esgoto sanitário de ETE, operada com reatores UASB.

5.3.1.4.1 Justificativa e Abrangência

O planejamento e a construção de um sistema de tratamento de lixiviados de aterro sanitário podem ser bastante onerosos às administrações públicas, tendo em vista a necessidade de rigor técnico e tecnológico, acompanhada de uma limitada vida útil, já que os aterros sanitários são projetados para um horizonte de 20 anos. Desta forma, uma alternativa inovadora - porém, que já tem demonstrado bons resultados em pesquisas pelo mundo - é o tratamento conjunto de lixiviados e esgoto sanitário nas já existentes Estações de Tratamento de Esgoto (ETE).

Ressalta-se que o tratamento de lixiviados de aterro sanitário está contemplado na concepção de uma adequada gestão e (ou) gerenciamento integrado de resíduos sólidos, além de atender um dos princípios fundamentais da Lei Federal nº 11.445/2007, uma vez que o tratamento conjunto esgoto sanitário/lixiviados – o qual vem sendo proposto - se insere nos subitens de intersetorialidade e integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

5.3.1.4.2 Revisão Bibliográfica

A NBR 8419/92 (ABNT, 1992) definiu chorume como o líquido gerado pela decomposição de substâncias contidas nos resíduos sólidos, cujas características são: cor escura, mau cheiro e elevada DBO. A mesma norma deliberou que a lixiviação é o deslocamento ou arraste, por meio líquido, de certas substâncias contidas nos resíduos sólidos urbanos.

Um dos grandes problemas associados à disposição final de resíduos sólidos é a geração de lixiviados. Normalmente, os de aterro sanitário contêm uma grande quantidade de matéria orgânica e inorgânica, como demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio amoniacal (N-NH_3), sólidos suspensos totais (SST), turbidez, cor e metais pesados (BASHIR *et al.*, 2010).

Além disso, a composição dos lixiviados depende de fatores complexos - incluindo, propriedades do solo, condições climáticas, composição das células de aterramento, idade e operação do aterro, quantidade de água da chuva que percola - o que implica em constantes desafios para o seu tratamento (SILVA; DEZOTTI; SANT'ANNA, 2004) e (SURMACZ-GORSKA, 2001).

Devido à sua complexidade, torna-se importante que na seleção e dimensionamento do sistema de tratamento de lixiviados gerados em aterros sanitários sejam contempladas as variações sazonais de vazão e concentração do percolado ao longo do tempo (CASTRO, 2001). Nessa linha, Bohdziewicz e Kwarciak (2007) classificaram os métodos de tratamento de lixiviados em:

- físico-químicos: precipitação química, adsorção em carvão ativado, filtração por membrana, troca iônica, etc.);
- biológicos (condições aeróbias ou anaeróbias).

Os autores afirmaram ainda que usualmente a combinação de métodos físicos, químicos e biológicos para o tratamento de lixiviados de aterro sanitário é mais eficiente do que aplicar apenas um desses métodos em separado. Geralmente, o processo biológico consiste no primeiro estágio, em combinação com um processo físico-químico adicional.

Diamadopoulos (1994) sugeriu que se o lixiviado tem características de "lixiviado recente", tanto os tratamentos aeróbios quanto anaeróbios podem reduzir a alta carga biodegradável. No entanto, quando se trata de "lixiviado velho", ou consiste em um lixiviado pós-tratamento biológico, o que implica no significativo pré-consumo da carga biodegradável, é possível aplicar tratamentos físico-químicos, antes da descarga do efluente.

Ainda nessa linha comparativa, Gonzalez-Martinez e Garxon-Zuniga (1996) reportaram que os processos físico-químicos são geralmente considerados de maior custo e menor efetividade, enquanto os processos biológicos - como lodo ativado - já provaram ser efetivos na remoção de carbono orgânico e nutrientes. Todavia, problemas como baixa sedimentabilidade do lodo e necessidade de longos períodos de aeração para

a reciclagem total da biomassa nos tanques de decantação com grandes volumes, também foram observados.

Tratamento Conjunto: Esgoto Sanitário e Lixiviados de Aterro Sanitário

Bocchiglieri (2010) afirmou que o ideal seria minimizar a geração de lixiviados, por meio da concepção de aterros bem dimensionados, construídos e operados. No entanto, uma vez gerados, o mais viável nem sempre é solucionar apenas o problema em sua própria fonte, especialmente pelos recursos demandados. E, nesse sentido, justifica-se o tratamento conjunto - planejado - como uma importante alternativa nessa trajetória.

As investigações de Bocchiglieri (2010) mostraram que essa prática é viável, não apenas para grandes estações de lodo ativado. O recebimento de lixiviado pelas estações de sistemas públicos de esgoto pode ser empregado até mesmo em pequenas estações, que adotam métodos naturais de tratamento, como as lagoas de estabilização. A integração entre ETE's e aterros sanitários é uma realidade possível e ambientalmente segura, se praticada mediante critérios já consagrados de operação de sistemas de tratamento de esgoto.

Em reforço a essa tendência, de acordo com Reinhart *et al.* (2002), o lixiviado de aterro sanitário por si só não é suficiente para sustentar o processo de biodegradação - ou seja, a adição de água ou algum outro líquido/semi-líquido não-tóxico e não-perigoso pode resultar na alteração adequada para suplementar o lixiviado.

Experimentalmente, Lin *et al.* (2000) trabalharam com combinações de esgoto sanitário e lixiviado em reatores UASB a 35°C, obtendo o melhor desempenho na proporção de 3:1 de esgoto/lixiviado, respectivamente. Castro (2001) estudou a possibilidade do tratamento conjunto em um sistema australiano de lagoas com diferentes proporções e tempos de detenção e notou que as eficiências decaíram com o aumento da proporção de lixiviado. Apesar de testes distintos (94% esgoto com 6% lixiviado e apenas 100% lixiviado) possuírem cargas orgânicas muito próximas (0,196kgDQO/m³ e 0,190kgDQO/m³), as eficiências centraram-se na ordem de 53% e 21,3%, respectivamente. Esta comparação permitiu afirmar que nas condições do trabalho, a utilização de tratamento biológico do lixiviado juntamente com esgoto sanitário apresentou melhor desempenho do que o tratamento isolado do lixiviado.

Mannarino *et al.* (2010) estudou o comportamento da toxicidade das entradas e saídas do tratamento conjunto de lixiviados de aterro sanitário de Morro do Céu,

misturados ao esgoto doméstico local. Os autores verificaram que apesar do lixiviado ser mais prejudicial aos microrganismos *D. rerio* e *D. similis* do que o esgoto sanitário no teste ecotoxicológico; o efeito da mistura, estatisticamente, não resultou em maior toxicidade de entrada para o tratamento conjunto do que para o esgoto sanitário bruto puro. Paralelamente, nas saídas do tratamento, os níveis de toxicidade não ultrapassaram os limites estabelecidos pela legislação ambiental.

Segundo Mannarino *et al.* (2011), diversos estudos buscam avaliar a viabilidade do tratamento de lixiviados de forma conjunta com esgoto doméstico, a fim de conhecer os impactos da adição dos lixiviados nos sistemas de tratamento e na qualidade do lodo e do efluente final. Uma síntese de estudos desenvolvidos em escala piloto em ETE é apresentada no Quadro 5.1, com as principais características e algumas observações feitas pelos autores.

Quadro 5.1 – Estudos de tratamento de lixiviados junto ao esgoto sanitário

Observações do estudo	% de lixiviado	Características do tratamento	Autores
-Eficiências de remoção de nitrogênio e fósforo e velocidades de nitrificação e desnitrificação maiores na linha operada com lixiviado e esgoto; -Não foram notados indicativos de inibição do processo biológico nem problemas de instabilidade nos reatores.	1 a 5%	Sequências de reatores anaeróbios, anóxicos e aeróbios em laboratório (teste e controle).	Cossu <i>et al.</i> (1998)
-Efeito sinérgico na biodegradabilidade das misturas não-observado; - Aumento da capacidade de tratamento do lixiviado, junto ao esgoto doméstico.	30, 50, 70 e 100%	Sistema piloto anaeróbio do tipo UASB.	Fueyo <i>et al.</i> (2003)
-Remoção de DQO acima de 85% nas diluições até 5%, decrescendo nas superiores; -Remoção de N-NH ₃ , reduziu-se gradualmente com volumes de lixiviado entre 1 e 7,5% e manteve-se constante entre 10 e 20% de lixiviado; -Os autores consideraram 10% de volume de lixiviado como um limite prático.	0,1, 2, 3, 5, 7,5, 10, 15 e 20%	Reatores de lodos ativados operando em batelada	Borghi <i>et al.</i> (2001)
-Efeito sinérgico positivo na biodegradabilidade das misturas de lixiviado e esgoto; -O tratamento combinado potencializa os resultados individuais de remoção.	30, 50, 70 e 100%	Reatores de digestão anaeróbia em laboratório.	Fueyo <i>et al.</i> (2002)

FONTE: MANNARINO *et al.* (2011)

Outros autores como Henry (1985) e McBean *et al.* (1995), recomendam que o volume de lixiviado em relação ao de esgoto sanitário nas Estações de Tratamento de

Esgoto é estável entre 0,37% e 1,22%, não devendo ultrapassar os 2% recomendados para estudos de tratamento combinado.

Já Boyle e Ham (1974) demonstraram que um lixiviado com demanda química de oxigênio (DQO) de até 10.000 mg/L pode ser tratado em uma mistura de 5% em volume sem que seja alterada a qualidade do efluente final, por meio de processo de lodos ativados com aeração prolongada. Henry (1987) demonstrou ainda que lixiviados com elevados valores de DQO (24.000 mg/L), quando combinados em até 2% do volume com águas residuárias municipais, não causaram alterações significativas no desempenho de ETE.

Concomitantemente, com o objetivo da remoção de nutrientes no tratamento combinado de lixiviados e esgoto sanitário, Cossu *et al* (1998), montaram em laboratório duas sequências idênticas de reatores anaeróbios, anóxicos e aeróbios. Uma das linhas foi alimentada com esgoto e a outra com misturas de lixiviado variando de 1 a 5% em relação ao esgoto. Os resultados obtidos mostraram que a eficiência de remoção de nitrogênio e fósforo e as velocidades de nitrificação e desnitrificação foram maiores na linha operada com lixiviado e esgoto. Durante 12 meses de operação dos sistemas, não se notaram indicativos de inibição do processo biológico nem problemas de instabilidade nos reatores.

5.3.1.4.3 Metodologia

A metodologia para o estudo da viabilidade de tratamento conjunto dos lixiviados gerados no Aterro Delta A com o esgoto sanitário em reatores UASB foi a mesma empregada por Bocchiglieri (2010), em suas pesquisas. Essa seleção de tecnologia de tratamento é justificada pelo fato da maioria das Estações de Tratamento de Esgoto operadas no município, serem baseadas em reatores anaeróbios de manta de lodo (UASB).

Para este fim, foram levantadas características do esgoto sanitário bruto e tratado da ETE Piçarrão – adotada como referência - junto à prestadora de serviço SANASA (2013) e Viaro (2007), enquanto as informações sobre o lixiviado gerado no aterro sanitário Delta A foram obtidas através do DLU-PMC (2012).

Assim, as estimativas de geração de lixiviados de aterro sanitário de Campinas foram calculadas a partir do Método Suíço, de acordo com a Equação 5.2:

$$Q \text{ (l/s)} = [P \text{ (mm)} \cdot A \text{ (m}^2\text{)} \cdot k] / t \text{ (s)} \quad \text{Equação 5.2}$$

em que,

Q = vazão de lixiviado gerado (l/s);

P = precipitação média anual (mm);

A = área do aterro de Campinas (m²)

K = coeficiente de compactação dos resíduos

t = tempo do ano (s)

Após o levantamento de dados de caracterização, foram desenvolvidos os estudos de viabilidade do tratamento das fases líquida e sólida, com o acréscimo dos lixiviados no processo biológico dos reatores UASB, conforme Chernicharo e Von Sperling (1997).

Carga Hidráulica Volumétrica e do Volume do Reator

$$V = Q \times TDH \quad \text{Equação 5.3}$$

$$CHV = \frac{1}{TDH} \quad \text{Equação 5.4}$$

Onde,

V = volume total do reator (m³);

Q = vazão afluyente (m³/dia);

TDH = tempo de detenção hidráulica (d);

CHV = carga hidráulica volumétrica (m³/m³. d) – não deve ser superior à 5,0m³/m³.d;

TDH = tempo de detenção hidráulica (d).

Carga Biológica ou Carga de Lodo

$$M = \frac{Q \times S}{CB} \quad \text{Equação 5.5}$$

Onde,

CB = carga biológica ou carga de lodo (kgDQO/kgSVT.d);

Q = vazão afluyente (m³/dia);

S = concentração de substrato afluyente (KgDQO/m³);

M = massa de microrganismos presentes no reator (kgSVT/m³).

Altura (h) do reator

$$H = v \times TDH$$

Equação 5.6

Onde,

H = altura do reator (m);

v = velocidade superficial do fluxo, ou velocidade ascensional (m/h);

TDH = tempo de detenção hidráulica (h).

Área da base do Reator Cilíndrico

$$A_{\text{base}} = \frac{V}{H}$$

Equação 5.7

$$A_{\text{base}} = \pi r^2$$

Equação 5.8

Onde,

A_{base} = Área da seção transversal do reator cilíndrico;

V = volume do reator;

H = altura do reator;

r = raio do reator.

Sistema de Distribuição do Afluente

$$N_d = \frac{A}{A_d}$$

Equação 5.9

Onde,

N_d = número de distribuidores;

A = área da seção transversal do reator (m²);

A_d = área de influência de cada distribuidor (m²);

Produção de Lodo (P_{lodo})

$$P_{\text{lodo}} = DQO_{\text{cel}} + DQO_{\text{ret}}$$

Equação 5.10

$$P_{\text{lodo}} = Y_{\text{obs}} \times DQO_{\text{apl}}$$

Equação 5.11

Onde,

P_{lodo} = produção de sólidos no sistema ($\text{kgDQO}_{\text{lodo}}/\text{d}$);

DQO_{cel} = carga de DQO utilizada para crescimento celular ($\text{kgDQO}_{\text{cel}}/\text{d}$);

DQO_{ret} = carga de DQO não convertida e mantida no lodo do reator ($\text{kgDQO}_{\text{ret}}/\text{d}$);

Y_{obs} = coeficiente de produção de sólidos no sistema, em termos de DQO ($\text{kgDQO}_{\text{lodo}}/\text{kgDQO}_{\text{apl}}$);

DQO_{apl} = carga de DQO aplicada ao sistema (kgDQO/d).

Produção de Metano (CH_4)

$$Q_{\text{CH}_4} = \frac{\text{DQO}_{\text{CH}_4}}{K(t)} \quad \text{Equação 5.12}$$

$$K(t) = \frac{P \times K}{R \times (273 + t)} \quad \text{Equação 5.13}$$

Onde,

Q_{CH_4} = produção volumétrica de metano (m^3/d);

DQO_{CH_4} = DQO removida e convertida a CH_4 (kgDQO/m^3);

$K(t)$ = fator de correção para a temperatura operacional do reator (kgDQO/m^3);

P = pressão atmosférica (1atm);

K = DQO correspondente a um mol de CH_4 ($64\text{gDQO}/\text{mol}$);

R = constante dos gases ($0,08206 \text{ atm.L}/\text{mol.}^\circ\text{K}$);

t = temperatura operacional do reator ($^\circ\text{C}$).

5.3.1.4.4 Ações Propostas

O estudo de viabilidade do tratamento de lixiviados provenientes do aterro sanitário Delta A em reatores UASB foi baseado na análise de diversos fatores, desde as características quali-quantitativas do esgoto sanitário, dos lixiviados e a eficiência da ETE, até a avaliação da capacidade de tratamento das fases líquidas e sólidas por meio dos reatores anaeróbios de fluxo ascendente - como aqueles presentes na ETE Piçarrão, Anhumas, etc.

A) Caracterização do Esgoto Sanitário da ETE Piçarrão, Campinas-SP

De acordo com o memorial descritivo da SANASA (2013), a ETE Piçarrão iniciou sua operação em 2005, contribuindo com um aumento de 23% no índice do esgoto tratado em Campinas. Baseada no tratamento biológico via reatores anaeróbios de fluxo ascendente, é formada pelas unidades operacionais (ANEXO A) e respectivos processos (ANEXO B):

O levantamento das características do esgoto sanitário da ETE Piçarrão realizado por Viaro (2007) - para a fração bruta e tratada - pode ser visualizado nos ANEXOS C e D. Desta forma, foram elencadas onze (11) análises para o período seco e quatro (04) para o período chuvoso, com as características físico-químicas do esgoto bruto e tratado.

B) Caracterização dos lixiviados gerados no Aterro Sanitário Delta A

A caracterização dos resíduos sólidos urbanos (RSU) para o cálculo do Método Suíço (Tabela 5.1) pode ser visualizada na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Características dos RSU para o Método Suíço

Variável Método Suíço	Valores
RSU (kg/dia.hab)	0,916
RSU (kg/ano.hab)	334,340
População	1.090.000,000
RSU (kg/ano)	364.430.600,000
Peso específico (tf/m³)	0,600
k (0,25 - 0,5)	0,400
Precipitação Anual(mm)¹	1.425,000
Área do aterro (m²)	260.000,000
Tempo/ ano (s)	31.536.000,000

¹Fonte: CEPAGRI, 2013

Desta forma, a vazão de lixiviados do aterro sanitário Delta A - pertencente ao município de Campinas - estimada pelo Método Suíço é de 4,699 l/s.

Ademais, o aterro sanitário Delta A iniciou suas atividades de operação em 1995 e atualmente, encontra-se em fase de encerramento; ou seja, a idade do lixiviado gerado é característica de um aterro velho, que de acordo com Tchobanoglous, Theisen & Vigil (1993) apresenta a seguinte composição típica (Tabela 5.2).

Acrescenta-se ainda que a composição do lixiviado de aterro velho é tipicamente caracterizada por um menor teor de DBO_5 (100 - 200 mg/L), devido às complexas séries de reações microbiológicas que geram CH_4 e CO_2 . Além disso, praticamente não há mecanismos de conversão do N-NH_3 , o que implica na existência de altas concentrações.

Tabela 5.2 – Composição típica de lixiviados de aterros velhos

Constituinte	Aterro velho (mais de 10 anos)
DBO_5 (mg/L)	100-200
COT (mg/L)	80-160
DQO (mg/L)	100-500
Sólidos suspensos totais (mg/L)	100-400
N-orgânico (mg/L)	80-120
N-amoniaco (mg/L)	20-40
Nitrato (mg/L)	5-10
P-total (mg/L)	5-10
Ortofosfato (mg/L)	4-8
Alcalinidade (mgCaCO_3/L)	200-1000
pH	6,6-7,5
Dureza total (mgCaCO_3/L)	200-500
Cálcio (mg/L)	100-400
Magnésio (mg/L)	50-200
Potássio (mg/L)	50-400
Sódio (mg/L)	100-200
Cloreto (mg/L)	100-400
Sulfato (mg/L)	20-50
Ferro Total (mg/L)	20-200

FONTE: Adaptado de Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1993

C) Avaliação da capacidade da fase líquida

A maioria dos levantamentos de estudos desenvolvidos na área de tratamento conjunto de esgoto sanitário/lixiviados - como os realizados por Mannarino *et al.* (2011) e McBean *et al.* (1995) - reforçam a ideia de que a relação volumétrica entre lixiviado e esgoto não deva ultrapassar 2%, a fim de que não haja interferências na eficiência de tratamento das ETEs. Ademais, Cossu *et al.* (1998) constataram em seus experimentos que a adição volumétrica de até 5% de lixiviado em relação ao esgoto sanitário não causou inibição aos processos biológicos, nem instabilidade aos reatores anaeróbios.

Nesse contexto, destaca-se que a vazão de lixiviados gerada no aterro Delta A representa 1,127% da vazão de esgoto sanitário da ETE Piçarrão, o que habilita o início dos cálculos de capacidade da fase líquida.

D) Avaliação da capacidade da fase sólida

Os dimensionamentos expostos a seguir basearam-se nas Equações 5.3 à 5.13, abordadas no item metodológico. Por conseguinte, na situação de tratamento em reatores anaeróbios de manta de lodo (UASB) com esgotos afluentes de baixa carga orgânica, o dimensionamento do reator deverá considerar a carga hidráulica volumétrica. Nesse sentido, para esgotos sanitários tratados na faixa de temperatura em torno de 20°C, tem-se adotado tempos de detenção hidráulica (TDH) da ordem de 8 a 10 horas para a vazão média. Portanto, tem-se que:

$$V = Q \times TDH = 36028,8 \times (8/24) = 12009,5 \text{ m}^3$$

Assim, quando se adiciona a vazão de lixiviados característicos de aterros antigos (mais de 10 anos) – ou seja, com carga orgânica reduzida - junto à vazão de projeto da Estação (36.028,8m³/d), tem-se que:

$$V = Q \times TDH = 36434,88 \times (8/24) = 12144,96 \text{ m}^3$$

Onde,

V = volume total do reator (m³); Q = vazão afluente (m³/dia); TDH = tempo de detenção hidráulica (d).

$$CHV = \frac{1}{TDH} = \frac{1}{8} \times 24 = 3 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$$

Onde,

CHV = carga hidráulica volumétrica (m³/m³. d) – não deve ser superior à 5,0m³/m³.d;
TDH = tempo de detenção hidráulica (d).

A Carga Hidráulica Volumétrica (CHV) de 3m³/m³. d garante que não haja perda excessiva de biomassa no sistema, redução do tempo de residência celular (idade do lodo) e consequente diminuição do grau de estabilização dos sólidos, bem como possibilidade de falha do sistema, uma vez que o tempo de permanência da biomassa no reator pode ser inferior ao seu tempo de crescimento.

Já sobre a Carga Biológica ou Carga de Lodo, que se refere à quantidade (massa) de matéria orgânica aplicada diretamente ao reator, por unidade de biomassa presente no mesmo, estima-se que:

$$M = \frac{Q \times S}{CB} = \frac{(36028,8 \times 3)}{0,3} = 360288 \text{ kgSVT/m}^3 = 360,29 \text{ tSVT}$$

Todavia, quando se adiciona a vazão de lixiviados junto ao esgoto doméstico com uma concentração de substrato de lixiviados (S) de 0,3 kgDQO/m³, sem alterar a carga biológica da ordem de 0,3 kgDQO/kgSVT.d, a fim de não prejudicar a estabilidade do processo durante a partida do reator, tem-se que:

$$M = \frac{Q \times S}{CB} = \frac{(36434,88 \times 3,3)}{0,3} = 400783,7 \text{ kgSVT/m}^3 = 400,78 \text{ tSVT}$$

Onde,

CB = carga biológica ou carga de lodo (kgDQO/kgSVT.d); Q = vazão afluyente (m³/dia); S = concentração de substrato afluyente (KgDQO/m³); M = massa de microrganismos presentes no reator (kgSVT).

Sequencialmente, a velocidade superficial do fluxo adotada para a vazão média é de 0,6m/h, de forma que resulta numa altura de reator (H) de:

$$H = v \times TDH = 0,6 \times 8 = 4,80 \text{ m}$$

Onde,

H = altura do reator (m); v = velocidade superficial do fluxo, ou velocidade ascensional (m/h); TDH = tempo de detenção hidráulica (h).

Deste modo, com um volume de reator (V) necessário para o tratamento conjunto de esgoto sanitário e lixiviados de 12144,96 m³ e uma altura (H) de 4,80m, tem-se que:

$$A_{\text{base}} = \frac{V}{H} = \frac{12144,96}{4,80} = 2530,2 \text{ m}^2$$

Onde,

A_{base} = Área da seção transversal do reator cilíndrico; V = volume do reator; H = altura do reator.

Como a área da base de um reator cilíndrico é dada por $A_{\text{base}} = \pi r^2$, tem-se que o raio (r) é de 28,38 m.

Sistema de Distribuição do Afluente

A correta distribuição dos esgotos, de modo a garantir um contato efetivo com a biomassa presente no reator, constitui-se em um dos aspectos mais importantes para o correto funcionamento do reator.

Assim, a área de influência de cada distribuidor foi calculada considerando-se um lodo medianamente floculento - uma vez que se estimou sua concentração em torno de 33 kgSVT/m³ - cuja carga orgânica aplicada foi de 10,0 kgDQO/m³.d. Para tanto, Lettinga e Hulshoff Pol (1995) *apud* Chernicharo (1997), indicam - como diretrizes preliminares de projeto - para as condições mencionadas a adoção de área de influência de cada distribuidor entre 2 e 5 m². Portanto, o número máximo de distribuidores (N_d) é:

$$N_d = \frac{A}{A_d} = \frac{2530,2}{2} = 1265,1 = 1266$$

Onde,

N_d = número de distribuidores; A = área da seção transversal do reator (m²); A_d = área de influência de cada distribuidor (m²);

Além disso, os tubos de distribuição devem propiciar uma velocidade descendente do esgoto inferior a 0,2m/s, com um diâmetro da ordem de 75mm, a fim de evitar o arraste de ar. Com o intuito de aumentar a velocidade na saída da tubulação, evitando possíveis entupimentos, o diâmetro dos bocais inferiores pode ser reduzido para 50mm, o que resultaria numa velocidade superior a 0,4 m/s – suficiente para evitar a deposição de areia junto às extremidades do tubo.

Produção de Lodo (P_{lodo})

Para o caso particular do tratamento de esgotos sanitários em regiões tropicais, podem ser estimadas conjuntamente as parcelas de DQO utilizadas para crescimento celular e não convertida - mantida no lodo do reator - a partir da produção esperada de sólidos no sistema. Com um coeficiente de produção de sólidos (Y_{obs}) de 0,15 kgDQO_{lodo}/kgDQO_{apl}, tem-se que:

$$P_{\text{lodo}} = \text{DQO}_{\text{cel}} + \text{DQO}_{\text{ret}}$$

$$P_{\text{lodo}} = Y_{\text{obs}} \times \text{DQO}_{\text{apl}} = 0,15 \times 120.235,10 = 18.035,27 \text{ kgDQO}_{\text{lodo}}/\text{d}$$

Onde,

P_{lodo} = produção de sólidos no sistema (kgDQO_{lodo}/d); DQO_{cel} = carga de DQO utilizada para crescimento celular (kgDQO_{cel}/d); DQO_{ret} = carga de DQO não convertida e mantida no lodo do reator (kgDQO_{ret}/d); Y_{obs} = coeficiente de produção de sólidos no sistema, em termos de DQO (kgDQO_{lodo}/kgDQO_{apl}); DQO_{apl} = carga de DQO aplicada ao sistema (kgDQO/d).

Produção de Metano (CH_4)

Considerando o balanço estequiométrico da reação, tem-se teoricamente que 64g de DQO produzem 16g de CH_4 :

De modo que, pode-se calcular a vazão de CH_4 produzida (m^3/d), em função da DQO removida, consumida e convertida a CH_4 (kgDQO/d) e o fator de correção de temperatura operacional (kgDQO/L).

Para tanto, foi adotado que 15% da $\text{DQO}_{\text{total}}$ foi consumida para o crescimento e retenção celular, enquanto que a remoção do tratamento anaeróbio é da ordem de 30% para tal parâmetro. Chega-se, portanto, a um valor de 45% de DQO que não é convertida a metano. Desta forma:

$$Q_{\text{CH}_4} = \frac{\text{DQO}_{\text{CH}_4}}{K(t)} = \frac{0,55 (30058,78)}{0,0027} = 6123,08 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$K(t) = \frac{P \times K}{R \times (273+t)} = \frac{1 \times 0,064}{0,08206 \times (273+20)} = 0,0027 \text{ kgDQO/L}$$

Onde,

Q_{CH_4} = produção volumétrica de metano (m^3/d); DQO_{CH_4} = DQO removida e convertida a CH_4 ($kgDQO/m^3$); $K(t)$ = fator de correção para a temperatura operacional do reator ($kgDQO/m^3$); P = pressão atmosférica (1atm); K = DQO correspondente a um mol de CH_4 ($64gDQO/mol$); R = constante dos gases ($0,08206 \text{ atm.L/mol.}^\circ K$); t = temperatura operacional do reator ($^\circ C$).

5.3.1.4.5 Inter-relação com outros Programas

Todos os programas propostos na presente pesquisa têm uma relação direta, já que para a implementação dos Programas de Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana (5.3.1.3) e de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva de Resíduos Domiciliares (5.3.1.2) é fundamental que os Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social (5.3.1.1) estejam implantados e com funcionamento contínuo, a fim de atingir a meta da PNRS de descartar apenas os rejeitos no aterro sanitário.

Consequentemente, com um menor volume de resíduos sólidos aterrados, há uma menor geração de lixiviados, o que beneficiará o Programa de Tratamento de Lixiviados do Aterro Sanitário Delta A em reatores UASB, Campinas-SP (5.3.1.4).

5.3.1.4.6 Custos Estimados

A planilha de custos relativos estimados de algumas das ações previstas no Programa de Tratamento de Lixiviados do Aterro Sanitário Delta A em reatores UASB, Campinas-SP pode ser visualizada na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Custos Estimados para o PTL

Especificação do Serviço (Un)	Custos Estimados (R\$)
Transporte do Lixiviados (m^3)	22,97
Equipe de Serviços Gerais (eq/dia)	1.471,16
Tratamento de Esgoto (m^3) ¹	1270,00

¹ Custo estimado de tratamento por m^3 das ETE's de Campinas (SANASA, 2013)

Como o presente Programa visa o tratamento conjunto dos lixiviados de aterro sanitário em uma ETE já existente e operante, considera-se que os custos referentes ao tratamento dessa demanda sejam internalizados junto aos do esgoto sanitário.

5.3.1.4.7 Benefícios do Programa de Tratamento de Lixiviados do Aterro Sanitário Delta A em reatores UASB, Campinas-SP

Com a implantação e operação do Programa de Tratamento de Lixiviados do Aterro Sanitário Delta A em reatores UASB, Campinas-SP podem ser destacados alguns benefícios tanto ambientais, econômicos, quanto sociais:

- tendo em vista os graves impactos ambientais de contaminação decorrentes de um gerenciamento inadequado desse resíduo sólido, é de extrema importância que se projetem sistemas de tratamento de lixiviados como o apresentado;
- atualmente, não é realizada nenhuma forma de tratamento do lixiviado gerado no Aterro Sanitário Delta A, sendo apenas coletado e armazenado em lagoas pela prestadora de serviços de esgotos sanitários;
- a proposição do tratamento em conjunto representa uma solução tanto ambiental quanto econômica para o tratamento de lixiviados, uma vez que aproveita-se a estrutura já consolidada das ETE's e a inoculação proveniente dos esgotos sanitários, sem causar prejuízos ao sistema tradicional.

5.3.1.4.8 Conclusão

O Programa de Tratamento de Lixiviados do Aterro Sanitário Delta A em reatores UASB, Campinas-SP é uma alternativa interessante para o tratamento de resíduos sólidos urbanos, uma vez que além do caráter de constante avanço tecnológico, promove a desoneração na prestação de serviços de saneamento ao evitar um tratamento isolado de lixiviados, cuja vida útil seria limitada pelo prazo do aterro sanitário.

APÊNDICE E

5.3.1.5 Programa de Controle de Poluição Difusa Originada dos Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem (PCPD)

5.3.1.5.1 Justificativa e Abrangência

Frente às consequências da expansão do uso e ocupação do solo nas áreas urbanas e aumento da impermeabilização das superfícies - muitas vezes sem o devido planejamento - surgem os impactos ambientais recorrentes sobre a drenagem urbana.

Além disso, quando a água pluvial escoar pelas vias, passa a se associar com um tipo de poluição - muitas vezes de difícil classificação, definição de origem e quantificação - que deve ser detida / retida antes de atingir os corpos receptores (TUCCI, 2001). Em outras palavras, a poluição difusa na drenagem urbana é basicamente o tipo de poluição da qual não é possível identificar a fonte. Está diretamente ligada à água pluvial e seu escoamento, devido ao carreamento de diversos poluentes para o corpo d'água, o que compromete sua qualidade (DALCANALE, 2001).

Na área urbana, essa poluição se faz presente principalmente, através do escoamento de resíduos orgânicos, bitucas de cigarro, pó e qualquer outro composto que se encontre junto às vias, calçadas e ruas, capazes de serem carregados pela velocidade de escoamento das águas pluviais.

Portanto, torna-se fundamental que haja a criação de um programa de controle de poluição difusa originada dos resíduos sólidos urbanos, através da instalação de dispositivos na microdrenagem do município de Campinas.

5.3.1.5.2 Revisão Bibliográfica

Quanto aos parâmetros legais, o Art. 3º da Lei 11.445/2007 conceitua a drenagem urbana e manejo das águas pluviais como o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Como especificado no presente estudo de caso, a microdrenagem é composta de elementos artificiais associados à pavimentação e tem por objetivo garantir as características de tráfego e conforto dos usuários destas estruturas. De modo que os principais termos utilizados no dimensionamento de um sistema pluvial são: galerias, poços de visita, bocas de lobo, tubos de ligação, meio-fio, sarjetas, sarjetões, condutos forçados, estações de bombeamento, etc. (SMDU, 2012).

Sob a ótica do planejamento urbano, nota-se que, geralmente, a gestão da drenagem urbana é executada pelas Secretarias de Obras Municipais, desvinculada das ações referentes aos demais setores, como: água de abastecimento, esgoto sanitário e resíduos sólidos. Apesar de algumas iniciativas isoladas serem observadas no sentido de promover uma regulamentação para a drenagem urbana associada aos dispositivos de ordenamento do uso e ocupação do solo; ainda há lacunas quanto a uma visão mais integrada dos processos urbanos e da incorporação de conceitos que os aproximem à sustentabilidade (KAWATOKO, 2012).

Método SCS e Equações de Continuidade Hidrológica

Para efeitos de cálculo, um método de utilização recorrente que se aplica especialmente quando não se dispõe de dados hidrológicos na drenagem urbana, é o do "*Soil Conservation Service*" (SCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Este método foi adaptado para as condições do Estado de São Paulo e encontra-se descrito em detalhes no boletim técnico do DAEE V2 no2 Mai/Ago 1979 - pág. 82 (GONÇALVES, 2006).

A partir do Método SCS, com valores de CN (*curve number*) que variam de 0 a 100, em função dos tipos e usos do solo ou grau de impermeabilização - torna-se possível calcular, através das equações de continuidade hidrológica: o armazenamento máximo, as perdas iniciais, bem como as lâminas de escoamento superficial.

Esses valores de CN encontram-se bastante difundidos na literatura, por meio de tabelas que indicam a influência sobre o escoamento superficial propiciada pelo grau de impermeabilização para cada classe de solo, conforme ANEXO E.

Poluição Difusa e seu Controle na Microdrenagem

A poluição difusa na drenagem urbana é basicamente o tipo de poluição da qual não é possível identificar a fonte; está diretamente ligada à água pluvial e seu escoamento, devido ao carreamento de diversos poluentes para o corpo d'água, de forma a comprometer sua qualidade (DALCANALE, 2001).

Mais precisamente - na área urbana - essa poluição se faz presente, através do escoamento de resíduos orgânicos, bitucas de cigarro, pó e qualquer outro composto que se encontre junto às vias, calçadas e ruas, capazes de serem carregados pela velocidade de escoamento das águas pluviais.

Nesse contexto, de acordo com manual do SMDU (2012), a adequada coleta e destinação final de resíduos sólidos gerados nas zonas urbanas é extremamente importante tanto sob o ponto de vista de saúde pública, quanto sob o ponto de vista do controle da poluição. Assim, as atividades relacionadas à coleta e disposição final de resíduos sólidos urbanos devem ser fiscalizadas para que não haja descartes irregulares nas ruas, uma vez que os resíduos dispostos inadequadamente podem atingir os corpos d'água e agravar os problemas das enchentes, bem como contribuir para o aumento da carga poluidora.

Quanto aos elementos da drenagem urbana, o escoamento superficial sobre áreas que são utilizadas como depósitos de "lixo a céu aberto", arrasta uma expressiva quantidade de poluentes orgânicos, agravando as condições de qualidade dos corpos receptores.

Deste modo, os principais objetivos a serem alcançados com a implantação de dispositivos nas medidas estruturais para controle e redução da poluição por cargas difusas em zonas urbanas são:

- remover eficientemente os poluentes presentes no escoamento superficial;
- minimizar os impactos do lançamento da drenagem urbana no corpo receptor;
- evitar que descartes irregulares de resíduos sólidos urbanos atinjam os corpos receptores;
- estabelecer uma relação custo/benefício aceitável;
- selecionar alternativas que apresentem necessidades futuras de operação e manutenção viáveis a longo prazo;

- selecionar dispositivos para proteção das medidas estruturais de drenagem urbana;
- associar as soluções, sempre que possível, com usos múltiplos como áreas de recreação, parques e recursos paisagísticos.

Diante da regulamentação da Lei nº 11.445/2007 da Política Nacional de Saneamento Básico, que integra as quatro grandes temáticas do saneamento - água de abastecimento, esgoto sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana - torna-se interessante que essas componentes sejam planejadas de forma integrada, através da proposição de ações conjuntas, que visem melhorar a universalização e a prestação dos serviços como um todo.

Nesse sentido, o estabelecimento de um programa de controle de poluição difusa na drenagem urbana originada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) insere-se bem ao contexto, uma vez que pode aliar conceitos e ações, ao promover benefícios para ambas as áreas, já que uma tem influência direta sobre a outra.

5.3.1.5.3 Metodologia

A metodologia do presente Programa foi subdividida em etapas, sendo elas: a projeção dos cenários para o escoamento superficial, com aplicação do Método SCS e a proposição de medidas de controle de poluição difusa originada de resíduos sólidos urbanos, conforme segue.

A) Projeção de Cenários e Método SCS

Para uma melhor compreensão sobre a drenagem urbana no município de Campinas, optou-se pela metodologia de construção de cenários prospectivos reativos, desenvolvida pela *Millennium Ecosystem* (2005).

Desta forma, o parâmetro utilizado para a simulação dos cenários foi o grau de impermeabilização do solo - proporcionado pela estimativa de uso e ocupação do solo e seus respectivos coeficientes de escoamento (CN) tabelados por Tucci *et al.* (1993) - aplicados sobre o difundido Método SCS (*Soil Conservation Service*).

Para o estabelecimento do uso e ocupação do solo atual foi utilizado um mapa georreferenciado na escala de 1: 25.000 da SMA/IG (2013) com fotos aéreas datadas de 2007. Com o intuito de simplificar os cálculos, os usos foram agrupados de acordo com

suas características de escoamento em - superfícies artificiais; áreas agrossilvopastoris; espaços abertos com ou sem vegetação; superfícies naturais e corpos d'água – a partir dos quais foram simulados os CN mais críticos para cada grupo. Portanto, internalizados em cada categoria de uso e ocupação do solo, encontram-se elencados:

- superfícies artificiais - áreas impermeabilizadas, entre elas zonas comerciais e escritórios, zonas industriais, zonas residenciais, parques de estacionamento, telhados, viadutos, arruamentos, estradas, etc.;
- áreas agrossilvopastoris - zonas cultivadas sem e com conservação de solo, pastagens ou terrenos em más condições, etc.;
- espaços abertos com ou sem vegetação - solo descoberto, baldios em boas condições, bosques ou zonas com cobertura ruim, espaços abertos relvados, etc.;
- superfícies naturais - florestas com cobertura boa, parques; e
- corpos d'água.

Posteriormente, de acordo com Tucci *et al.* (2001), a definição dos valores de *Curve Number* (CN) foi vinculada à verificação das condições antecedentes de umidade do solo (AMC), conforme Quadro 5.1, resultando na seguinte correção (Equação 5.14), a qual foi escolhida por ser a mais crítica:

$$CN(III) = \frac{23 * CN(II)}{10 + 0,13 * CN(II)} \quad \text{Equação 5.14}$$

Onde,

CN (III) - valor de CN corrigido para condição AMC III; CN (II) - valor de CN na condição AMC II.

Quadro 5.1 - Definição das condições antecedente de umidade do solo

Condição antecedente de umidade	Definição
AMC I	Condição em que o solo se encontra seco. Recomendação não indicada para casos de estudos de cheias.
AMC II	Situação média, na qual a umidade do solo corresponde aproximadamente à capacidade de campo. Situação considerada como provável em cheias de pequenas dimensões.
AMC III	Situação na qual o solo local encontra-se quase saturado. Esta situação propicia a formação de maiores cheias, sendo a mais crítica em projetos de contenção de cheias.

FONTE: TUCCI *et al.*, 2001

Para a construção dos cenários prospectivos reativos, abordados na metodologia desenvolvida pela *Millennium Ecosystem* (2005) – subitem 4.2.2.1 - foram levantadas

estimativas de mudanças de uso e ocupação do solo em Campinas para 2033, de acordo com a tendência projetada para cada cenário - *Global Orchestration* e *Order from Strength*. Posteriormente, foram atribuídos valores de *Curve Number* (CN_{medio}) e realizadas as devidas correções de condição antecedente de umidade do solo (AMC).

Tal projeção teve por objetivo apenas simular e correlacionar a impermeabilização ao escoamento superficial em cenários críticos perante o aumento da impermeabilização das bacias em até 80% de sua área total; de modo que em áreas da Bacia do Atibaia - majoritariamente, inserida na APA de Campinas, Lei Municipal nº 10.850/2001 – há outras restrições para as taxas de impermeabilização, as quais não foram alvo da presente simulação.

A partir disso, tornou-se possível calcular alguns componentes hidrológicos importantes pelo Método SCS, como: precipitação (P), armazenamento no solo (S_{medio}) – Equações 5.15 e 5.16 - perdas por interceptação (I_a) – Equação 5.17 - e o escoamento superficial ou formação da lâmina de escoamento (P_e) – Equação 5.18.

Armazenamento de água

$$S_{\text{medio}}(mm) = \frac{25400}{CN_{\text{medio}}} - 254 \quad \text{Equação 5.15}$$

onde CN_{medio} é:

$$CN_{\text{medio}} = \frac{\sum_{i=1}^n CN_i \times A_i}{At} \quad \text{Equação 5.16}$$

Perdas iniciais

$$I_{a_{\text{medio}}} = 0,2 * S_{\text{medio}} \quad \text{Equação 5.17}$$

Lâmina de escoamento

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad \text{Equação 5.18}$$

A Equação 5.18 é válida sob as seguintes condições: $P > I_a$; P_e , P, I_a e S (mm).

B) Dispositivos de Controle de Poluição Difusa originada de Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem

Frente aos impactos do constante processo de urbanização, muitas vezes sem o planejamento adequado, foram propostas algumas medidas de controle de poluição difusa para a microdrenagem originada por resíduos sólidos urbanos, mediante pesquisa às técnicas adotadas mundialmente e aos fabricantes.

5.3.1.5.4 Ações Propostas

As ações podem ser divididas em duas etapas principais: a projeção de cenários com a aplicação do Método SCS, a fim de traçar uma correlação entre o processo de urbanização, o aumento do escoamento superficial e o controle da poluição difusa sobre a microdrenagem. E, uma segunda etapa de proposição de medidas para controle de poluição difusa originada de resíduos sólidos urbanos.

D) Projeção dos Cenários e Método SCS

A partir do estabelecimento das porcentagens de uso e ocupação de solo do município de Campinas, foi possível estabelecer valores de *Curve Number* (CN) respectivos a cada ocupação, para solos com características do tipo B, descritos na classificação de grupos e características de solo de Porto (1995) e Tucci *et al.* (1993). Ressalta-se que essa classificação refere-se à capacidade de infiltração do solo - conforme SCS, o que exerce influência direta sobre a formação das lâminas de escoamento, abordadas na construção dos cenários.

A Tabela 5.1 apresenta os tipos de uso e ocupação do solo nas bacias de Campinas e seus respectivos CN, enquanto a Tabela 5.2 mostra o CN global do município. Complementarmente, a fim de aumentar o grau de segurança nas projeções, através do cálculo de *Curve Number* (CN), foram corrigidas as condições de umidade antecedente do solo (AMC), de uma condição normal de umidade (AMC II) para uma condição de saturação do solo (AMC III), conforme calculado pela Equação 5.14.

Já para os cenários de 2033, as seguintes projeções de uso e ocupação do solo e CN foram consideradas nas bacias: *Global Orchestration* (Tabela 5.3) e *Order from Strength* (Tabela 5.4). Ressalta-se que foram priorizados os cenários reativos, a fim de

se obter um panorama mais crítico do escoamento superficial, perante a impermeabilização em até 80% da área total das bacias.

Tabela 5.1 - Tipos de Uso e Ocupação de Solo em Campinas por bacia

Uso e Ocupação do Solo (km ²)	Bacias de Campinas - Uso e Ocupação						CN
	Atibaia	Anhumas	Quilombo	Capivari	Capivari Mirim	Jaguari	
Superfícies Artificiais	47,21	76,44	28,2	100,10	19,46	0,98	98
Áreas Agrossilvopastoris	125,44	42,13	22,32	77,19	24,33	31,64	81
Espaços Abertos	8,30	7,09	7,41	4,37	3,77	0,18	69
Superfícies Naturais	71,88	18,63	14,16	33,95	8,25	13,56	55
Corpos d'água	3,49	1,59	0,31	0,76	0,36	1,01	98
Área Total	256,32	145,88	72,4	216,37	56,17	47,37	-
CNmédio Total	76,68	86,19	81,39	84,60	82,37	74,23	-
CN AMC III	88,32	93,49	90,95	92,67	91,49	86,88	-

Tabela 5.2 - Valores de CN para o município de Campinas

Uso e Ocupação do Solo	Área (km ²)	Valores de CN
Superfícies Artificiais	272,39	98
Áreas Agrossilvopastoris	323,05	81
Espaços Abertos	31,12	69
Superfícies Naturais	160,43	55
Corpos d'água	7,52	98
Campinas	794,51	81,27
Campinas (CN para AMC III)	794,51	90,89

Tabela 5.3 - Uso e Ocupação do Solo para 2033 - *Global Orchestration*

Global Orchestration Áreas (km ²)	Bacias de Campinas - Uso e Ocupação						CN
	Atibaia	Anhumas	Quilombo	Capivari	Capivari Mirim	Jaguari	
Superfícies Artificiais	202,27	115,43	57,67	172,48	44,65	0,98	98
Áreas Agrossilvopastoris	25,28	14,43	7,21	21,57	5,58	31,64	81
Espaços Abertos	18,96	10,82	5,41	16,18	4,19	0,18	69
Superfícies Naturais	6,32	3,61	1,80	5,39	1,39	13,56	55
Corpos d'água	3,49	1,59	0,31	0,76	0,36	1,01	98
Área Total	256,32	145,88	72,40	216,37	56,17	47,37	-
CNmédio Total	93,12	93,10	93,07	93,07	93,08	74,23	-
CN AMC III	96,89	96,88	96,86	96,86	96,86	86,88	-

Tabela 5.4 - Uso e Ocupação do Solo para 2033 - *Order from Strength*

Order from Strength Áreas (km ²)	Bacias de Campinas - Uso e Ocupação						CN
	Atibaia	Anhumas	Quilombo	Capivari	Capivari Mirim	Jaguari	
Superfícies Artificiais	202,27	115,43	57,68	172,48	44,64	0,98	98
Áreas Agrossilvopastoris	37,92	21,64	10,81	32,35	8,37	31,64	81
Espaços Abertos	6,32	3,61	1,80	5,39	1,40	0,18	69
Superfícies Naturais	6,32	3,61	1,80	5,39	1,40	13,56	55
Corpos d'água	3,49	1,59	0,31	0,76	0,36	1,01	98
Área Total	256,32	145,88	72,40	216,37	56,17	47,37	-
CNmédio Total	93,71	93,70	93,67	93,67	93,68	74,23	-
CN AMC III	97,16	97,16	97,15	97,14	97,15	86,88	-

A Tabela 5.5 apresenta os valores de *Curve Number* (CN) para o município de Campinas, de acordo com os cenários reativos de 2033: *Global Orchestration* e *Order from Strength*. Ressalta-se que da mesma forma que para o cenário atual, para o ano de 2033 também foram corrigidos os valores de CN de uma condição antecedente de umidade do solo normal (AMCII) para saturada (AMCIII).

Tabela 5.5 - Valores de CN para o município de Campinas em 2033

Uso e Ocupação do Solo	<i>Global Orchestration</i>		<i>Order from Strength</i>	
	Área (km ²)	Valores de CN	Área (km ²)	Valores de CN
Superfícies Artificiais	629,584	98	629,584	98
Áreas Agrossilvopastoris	78,698	81	118,047	81
Espaços Abertos	59,0235	69	19,6745	69
Superfícies Naturais	19,6745	55	19,6745	55
Corpos d'água	7,52	98	7,52	98
Campinas	794,51	93,10	794,51	93,69
Campinas (CN AMC III)	794,51	96,88	794,51	97,16

É importante destacar que um maior nível de detalhamento dos tipos de uso e ocupação do solo, aliado à estruturação de um banco de dados e uma rede de monitoramento hidrológico, permitirá com que os cálculos dos valores de *Curve Number* (CN) reflitam condições mais próximas da realidade. Ademais, durante as atualizações quadrienais do PMSB, esses cálculos podem ser reformulados para cada bacia, caso sejam verificadas discrepâncias.

Escoamento Superficial

A Tabela 5.6 apresenta a aplicação do Método SCS (Equações 5.15 à 5.18) do cenário atual e do ano de 2033 (*Global Orchestration*; *Order from Strength*), nos quais se adotou o evento mais crítico do município de Campinas em 2013, registrado na Estação da CEPAGRI (UNICAMP, 2014) - no dia 15 de março de 2013 - totalizando 74,7mm de precipitação (ANEXO F), a fim de exemplificar a relação direta entre o grau de impermeabilização das bacias com o aumento do escoamento superficial.

Tabela 5.6 – Cenários para os Componentes Hidrológicos

Componentes Hidrológicos		Bacias					
		Atibaia	Anhumas	Quilombo	Capivari	Capivari Mirim	Jaguari
Cenário Atual (2013)	Precipitação (mm)	74,7	74,7	74,7	74,7	74,7	74,7
	Infiltração (mm)	33,59	17,69	25,27	20,09	23,63	38,36
	Interceptação (mm)	6,72	3,54	5,05	4,02	4,73	7,67
	Escoamento (mm)	45,5	56,99	51,11	55,04	52,31	42,63
Cenário 2033 Global Orchestration	Precipitação (mm)	74,7	74,7	74,7	74,7	74,7	74,7
	Infiltração (mm)	8,15	8,18	8,23	8,23	8,23	38,36
	Interceptação (mm)	1,63	1,64	1,65	1,65	1,64	7,67
	Escoamento (mm)	65,73	65,71	65,65	65,65	65,65	42,63
Cenário 2033 Order from Strength	Precipitação (mm)	74,7	74,7	74,7	74,7	74,7	74,7
	Infiltração (mm)	7,42	7,42	7,45	7,48	7,45	38,36
	Interceptação (mm)	1,48	1,49	1,49	1,49	1,49	7,67
	Escoamento (mm)	66,47	66,47	66,45	66,42	66,45	42,63

Enquanto as Figuras 5.1 e 5.2 apresentam uma comparação entre esses escoamentos superficiais estimados para o cenário atual (2013) e os cenários de 2033: *Global Orchestration (GO)* e *Order from Strength (OS)*, respectivamente.

A partir da elaboração dos cenários prospectivos reativos de 2033, é possível estabelecer uma relação de aumento das lâminas de escoamento superficial, ao tomar como referência o cenário atual (2013); com exceção da Bacia do Jaguari, na qual foram mantidas as características de uso e ocupação do solo, já que não se encontra urbanizada.

Figura 5.1 - Comparação do Escoamento entre os Cenários: Atual e GO

Figura 5.2 - Comparação do Escoamento entre os Cenários: Atual e OS

No entanto, é importante salientar que esses valores de lâmina de escoamento podem ser melhor aferidos pela criação de uma rede de monitoramento hidrológico das diferentes sub-bacias do município, a coexistência de dados pluviográficos, bem como as variações futuras de uso e ocupação do solo.

Ademais, esse acréscimo de escoamento superficial pode implicar em uma maior pressão ou alterações nos parâmetros de vazões máximas adotadas para o dimensionamento de estruturas de microdrenagem, como: galerias, poços de visita, bocas de lobo, tubos de ligação, meio-fio, sarjetas, etc. No entanto, maiores estudos e levantamentos de dados devem ser realizados para embasar tais redimensionamentos.

Pontualmente, o presente programa de controle de poluição difusa para microdrenagem originada por resíduos sólidos urbanos visa contribuir através da proposição de alguns dispositivos ou adaptações dos atuais sistemas de drenagem urbana, a fim de reter tais materiais, proporcionando a desobstrução do seu funcionamento (Figura 5.3), em benefício da prestação de serviço de limpeza urbana.

Figura 5.3 - Resíduos Sólidos na Microdrenagem da Área Central de Campinas

FONTE: Autor, 2013

B) Dispositivos de Controle de Poluição Difusa originada de Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem

O aumento da vazão de escoamento superficial para os cenários reativos *Global Orchestration* e *Order from Strength* até 2033 pode ser mais preocupante do que uma simples notação numérica; uma vez que esse volume de água que escoar sobre as superfícies, também estará aliado a uma maior velocidade e consequentemente, a possibilidade de um maior aporte de resíduos sólidos pelas águas pluviais.

Portanto, torna-se viável que sejam instalados dispositivos de controle/retenção dos resíduos sólidos urbanos, a fim de que estes não atinjam ou obstruam os sistemas de microdrenagem; já que além de seus incontestáveis impactos ambientais, podem onerar o serviço público de limpeza urbana. A seguir, são elencados alguns dispositivos que podem ser acoplados à microdrenagem, a fim de controlar a poluição difusa:

- protetores de boca de lobo (Figuras 5.4 e 5.5) - são dispositivos ou telas removíveis, fabricados em chapa expandida de aço carbono, indicados para a retenção de detritos, resíduos sólidos, etc. Sua instalação é feita sob a tampa da boca de lobo e a limpeza realizada periodicamente, através da remoção da tampa e descarga do reservatório pela equipe de limpeza de drenagem urbana (PERMETAL, 2013) e (TOMAZ, 2006). Inclusive, o modelo apresentado pela Figura 5.5 vem acoplado a um software, o qual gerencia a saturação dos bueiros e bocas de lobo;

Figura 5.4 - Tipo de Dispositivo de Proteção de Boca de Lobo

FONTE: PERMETAL, 2013

Figura 5.5 - Protetor de Boca de Lobo

FONTE: ECCO SUSTENTÁVEL, 2014

- boca de lobo separadora de detritos (Figura 5.6) - funciona através do conceito de força centrípeta, ou seja, os resíduos sólidos são carregados pela força de rotação e despejados em uma grade, enquanto a água escoar pela lateral. Em virtude da velocidade de escoamento proporcionada por esse sistema, não ocorre entupimentos, o que favorece a captação de resíduos acumulados nas sarjetas. De acordo com Neves e Tucci (2008), este dispositivo é enterrado - área de 10 a 20m² - de forma a desviar a vazão e os poluentes associados para um compartimento de separação, estes por sua vez ficam em movimento constante, o que evita o bloqueio da placa perfurada. Como resultado, os sólidos sedimentáveis são atraídos pela gravidade e os suspensos flutuam na superfície da água;

Figura 5.6 - Esquema de Separador Centrípeto

FONTE: ARMITAGE ET AL., 1998

- pavimento permeável (Figura 5.7) - de acordo com Tomaz (2006) e Urbonas (1993) consiste em pavimentos de asfalto ou concreto, sem agregados finos (menores que 600μ) - com vazios de 40% (asfalto) e 17% (concreto) - geralmente, empregados em estacionamentos, pátios, *playgrounds*, etc. Essa medida estrutural, através da redução de área impermeável, permite com que se promova a recarga de águas subterrâneas, de forma a melhorar a qualidade das águas pluviais. Sua eficiência pode chegar a 95% de remoção de Sólidos Suspensos Totais, no entanto depende de operação técnica especializada, para evitar possíveis contaminações.

Figura 5.7 - Corte de um pavimento permeável

FONTE: TOMAZ, 2006

- estruturas autolimpantes (Figura 5.8) - segundo Armitage et al. (1998), a água pluvial empurra os resíduos sólidos, promovendo a limpeza da tela ou grade, que por sua vez ficam armazenados em um local, onde a limpeza pode ser efetuada periodicamente. Um exemplo é o SCS (*Stormwater Cleaning Systems*) que força o escoamento sobre o vertedor e o gradeamento com inclinação de 45° em direção ao compartimento. Tal sistema suporta altas vazões, requer pouca manutenção e é de fácil limpeza;

Figura 5.8 - Esquema do *Stormwater Cleaning System*

FONTE: NEVES E TUCCI (2008)

- dispositivos de retenção de sólidos grosseiros (Figura 5.9) - onde ficam contemplados os resíduos de tamanhos diversos e vegetação. Geralmente, são construídos ao longo de vias, estradas, etc;

Figura 5.9 - Dispositivo de retenção de sólidos grosseiros

FONTE: RIGHETTO, 2009

Apesar do recorte do presente programa ser voltado às estruturas de microdrenagem, a seguir serão propostas também duas medidas de controle de poluição difusa voltadas para a macrodrenagem, tendo em vista a relevância dos impactos resultantes do inadequado gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos sobre os recursos hídricos propriamente ditos.

- telas de margens e/ou cercas vivas (Figura 5.55) - telas posicionadas nas margens de rios ou córregos, com a finalidade de deter o despejo de resíduos

sólidos/detrítos nos leitos dos rios. Esse instrumento de retenção pode ser construído através do plantio de pequenos arbustos e cobertura vegetal. De forma que, os resíduos retidos nos dispositivos, devam ser removidos, periodicamente, por meio da varrição da limpeza urbana. Ainda na Figura 5.10, uma plantação de Capim Cidreira (*Cymbopogon Citratus*), comumente empregada nas cercas vivas e outro exemplo de aplicação em área urbana para o isolamento de canais (EROSÃO GOETZKE, 2013).

Figura 5.10 - Exemplos de Cerca Viva em Área Urbana

FONTE: EROSÃO GOETZKE, 2013

- faixas de filtro gramadas (Figura 5.11) - áreas cobertas com grama, a fim de filtrar a água de escoamento superficial laminar por meio da vegetação e promover a infiltração, ao receber águas pluviais das áreas permeáveis e impermeáveis - como estradas, passeios, estacionamentos (TOMAZ, 2006). Segundo o autor, ainda não existem muitos dados para medir sua eficiência, diretamente ligada à largura da faixa por onde escoam as águas pluviais, sendo a remoção de Sólidos Suspensos Totais de 50%;

Figura 5.11 - Exemplo de faixa de filtro gramada

FONTE: TOMAZ, 2006

5.3.1.5.5 Inter-relação com outros Programas

Todos os programas propostos na presente pesquisa têm uma relação direta, já que para a implementação dos Programas de Compostagem de Resíduos de Limpeza Urbana (5.3.1.3) e de Otimização do Sistema de Coleta Seletiva de Resíduos

Domiciliares (5.3.1.2) é fundamental que os Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social (5.3.1.1) estejam implantados e com funcionamento contínuo, a fim de atingir a meta da PNRS de descartar apenas os rejeitos no aterro sanitário. Consequentemente, com um menor volume de resíduos sólidos aterrados, há uma menor geração de lixiviados, o que beneficiará o Programa de Tratamento de Lixiviados do Aterro Sanitário Delta A em reatores UASB, Campinas-SP (5.3.1.4).

Por fim, com a adequação do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos em Campinas, torna-se possível reduzir o número de descartes irregulares, bem como controlar a poluição difusa originária dos resíduos sólidos na microdrenagem, desonerando a prestação de serviço de limpeza urbana.

5.3.1.5.6 Custos Estimados

A planilha de custos estimados de algumas das ações previstas no Programa de Controle de Poluição Difusa Originada dos Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem pode ser visualizada na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Custos Estimados para o PCPD

Especificação do Serviço	Custos Estimados (R\$)
Limpeza Mecanizada de Drenagem Urbana (eq/dia)	1241,40
Limpeza de Bocas de Lobo (un)	36,57
Limpeza Manual de Valetas (m)	5,17
Limpeza de Sarjeta e Meio - Fio (m)	0,24
Limpeza Manual de calhas (m)	2,59
Limpeza Manual de valas (m³)	40,72
Equipe de Serviços Gerais (eq/dia)	1541,04
Varrição Manual (km)	67,49
Operação de limpeza especial de calçadas (eq/dia)	1488,53
Boca de lobo c/ tampa de concreto (un)	2554,97
Instalação de protetores de boca de lobo (un)	-
Recomposição de Camada Vegetal (m³)	2,55
Instalação de cercas vivas (m²)	1,64
Instalação de faixas de filtro gramadas (m²)	2,90
Instalação de pavimentos permeáveis em áreas verdes (m²)	39,00
Instalação de pavimentos permeáveis em estacionamentos (m²)	58,00
Instalação de dispositivos de retenção de sólidos (m³)	87,00
Instalação de Estruturas Autolimpantes (m²)	-

5.3.1.5.7 Benefícios do Programa de Controle de Poluição Difusa Originada dos Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem

Com a implantação e operação do Programa de Controle de Poluição Difusa Originada dos Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem, podem ser destacados alguns benefícios tanto ambientais, econômicos, quanto sociais:

- redução de pontos críticos de alagamento, uma vez que os resíduos sólidos que podem obstruir os dispositivos de microdrenagem serão retidos;
- eliminação do mau cheiro na microdrenagem, uma vez que a matéria orgânica dos resíduos sólidos não atingirá as águas pluviais e, por sua vez, não provocará a geração de lixiviados no sistema de drenagem urbana;
- recuperação das margens dos corpos hídricos e áreas de preservação permanente;
- controle da poluição difusa na microdrenagem, já que os resíduos sólidos urbanos serão retidos pelos dispositivos projetados;
- desoneração na prestação de serviços de limpeza urbana para a desobstrução de galerias, bocas de lobo, etc.

5.3.1.5.8 Conclusão

A implantação de um Programa de Controle de Poluição Difusa Originada dos Resíduos Sólidos Urbanos na Microdrenagem é de extrema importância para o saneamento básico do município de Campinas, uma vez que contempla medidas de mitigação de impactos tanto para as áreas de Drenagem Urbana quanto de Resíduos Sólidos; promovendo assim, o princípio de gestão integrada das áreas, previsto pela Lei nº 11.445/2007.

Ademais, o controle de poluição difusa é um tema novo e complexo a ser tratado pelos Planos Municipais de Saneamento Básico, uma vez que sua origem é de difícil identificação, o que ressalta a importância em se discutir propostas para o assunto.