

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA INDUSTRIAL METALÚRGICA DE VOLTA REDONDA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

JAMIL HARBACHE NOVAES

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS: UMA ANÁLISE NOS MUNICÍPIOS DE BARRA MANSA E
VOLTA REDONDA – RJ**

VOLTA REDONDA
2021

JAMIL HARBACHE NOVAES

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS: UMA ANÁLISE NOS MUNICÍPIOS DE BARRA MANSA E
VOLTA REDONDA – RJ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Thiago Simonato Mozer

Coorientadora: Prof. Dra. Aldara da Silva César

Volta Redonda, RJ
2021

JAMIL HARBACHE NOVAES

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS: UMA ANÁLISE NOS MUNICÍPIOS DE BARRA MANSA E
VOLTA REDONDA – RJ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Thiago Simonato Mozer – UFF
Orientador



Profa. Dra. Danielle da Costa Rubim Messeder dos Santos – UFF



Profa. Dra. Ana Carolina Callegario Pereira – UniFOA

Volta Redonda
2021

Ficha catalográfica automática - SDC/BEM
Gerada com informações fornecidas pelo autor

N935i Novaes, Jamil Harbache
Indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos: uma análise nos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda ? RJ / Jamil Harbache Novaes ; Thiago Simonato Mozer, orientador ; Aldara da Silva César, coorientadora. Volta Redonda, 2021.
95 f. : il.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2021.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PGTA.2021.m.08683631702>

1. Indicador Ambiental. 2. Resíduo Sólido. 3. Gerenciamento de Resíduos. 4. Produção intelectual. I. Mozer, Thiago Simonato, orientador. II. César, Aldara da Silva, coorientadora. III. Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia Industrial e Metalúrgica de Volta Redonda. IV. Título.

CDD -

Dedicatória

Aos meus pais pelo exemplo, ensino e
conduta de toda minha via. Minha esposa
que sempre me apoiou nos momentos mais
difíceis dessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por conceder saúde, paz e perseverança para superar as dificuldades encontradas nesta caminhada, permitindo concluir com satisfação e êxito meus objetivos aqui traçados.

Aos meus pais, Mariza (em memória) e Pedro, por sempre incentivarem e apoiarem e pelo amor incondicional que têm por mim.

A minha esposa Suellen, que sempre teve paciência nos meus momentos mais difíceis, que me deu forças para seguir, contribuindo para o meu crescimento moral e intelectual.

Ao professor e orientador Thiago Simonato Mozer e minha coorientadora Aldara da Silva César, por contribuírem nos esclarecimentos de dúvidas, críticas para o engrandecimento do projeto, auxílio e apoio, coordenando e transmitindo segurança para realização deste, muito obrigado.

Aos meus familiares e amigos, que sempre com palavras e gestos de engrandecimento me estimulou nos momentos em que as dificuldades foram aparecendo.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”

(Theodore Roosevelt)

RESUMO

Com o crescimento global e a cultura do consumismo, a geração de resíduos cresce a cada ano, o que é um grande desafio do poder público para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) de forma sustentável. A finalidade dessa pesquisa foi avaliar o quão sustentável é o sistema de gestão de RSU dos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda – RJ, utilizando indicadores de sustentabilidade. Foram levantados na literatura 227 indicadores de sustentabilidade de RSU. Alguns indicadores são citados por mais de um autor o que remeteu a um número final de 93. Aplicando a técnica Delphi, os indicadores foram priorizados quanto ao grau de importância e a dimensão, resultando em 17 indicadores. Os indicadores selecionados abrangem as dimensões: ambiental, política, tecnológica, financeira, do conhecimento e social. O questionário foi aplicado nos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda, onde observou-se que a falta de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) aprovado pelo poder público municipal aliado a outros fatores como o reduzido número de lixeiras públicas e uma coleta seletiva pouco efetiva contribuem para um cenário menos sustentável na gestão de RSU. Na dimensão política, observou-se um baixo comprometimento dos municípios em relação ao gerenciamento dos RSU, a falta de investimentos em capacitação de agentes de limpeza pública atrelado a falta de pontos de entrega voluntária de resíduos segregados e não execução do PMGIRS, resultaram em uma gestão menos sustentável dos RSU. Recomenda-se um novo diagnóstico a cada dois anos para observar a evolução do comprometimento dos municípios e verificar se eles estão em consonância com a sustentabilidade.

Palavras-chave: Técnica Delphi, gestão municipal, Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, grau de importância e dimensão de sustentabilidade.

ABSTRACT

With global growth and the culture of consumerism, waste generation grows every year, which is a major challenge for the government to manage urban solid waste (MSW) in a sustainable way. The purpose of this research was to assess how sustainable is the MSW management system in the municipalities of Barra Mansa and Volta Redonda – RJ, using sustainability indicators. 227 indicators of MSW sustainability were surveyed in the literature. Some indicators are cited by more than one author, which resulted in a final number of 93. Applying the Delphi technique, the indicators were prioritized according to the degree of importance and dimension, resulting in 17 indicators. The selected indicators cover the following dimensions: environmental, political, technological, financial, knowledge and social. The questionnaire was applied in the municipalities of Barra Mansa and Volta Redonda, where it was observed that the lack of a Municipal Plan for Integrated Solid Waste Management (PMGIRS) approved by the municipal government combined with other factors such as the reduced number of public dumps and an ineffective selective collection contributes to a less sustainable scenario in the management of MSW. In the political dimension, there was a low commitment of municipalities in relation to the management of MSW, the lack of investments in training public cleaning agents, coupled with the lack of voluntary delivery points for segregated waste and non-execution of the PMGIRS, resulted in a less sustainable management of MSW. A new diagnosis is recommended every two years to observe the evolution of the municipalities' commitment and check whether they are in line with sustainability.

Keywords: Delphi technique, municipal management, Municipal Integrated Solid Waste Management Plan, degree of importance and sustainability dimension.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma explicativo sobre a classificação dos resíduos sólidos de acordo com a NBR 10.004/2010, p. 21

Figura 2 - Linha do tempo das principais legislações sobre RSU no Brasil, p. 22

Figura 3 – Geração de resíduos sólidos urbanos por região do Brasil nos anos de 2010 e 2019, p. 24

Figura 4 - Percentual da composição gravimétrica média dos RSU no Brasil, p. 25

Figura 5 – Percentual de coleta de RSU em cada região do Brasil nos anos de 2010 e 2019, p. 26

Figura 6 – Distribuição da destinação dos RSU pelas regiões brasileiras no ano de 2019, p. 27

Figura 7 – Percentual das regiões brasileiras que possuem coleta seletiva, p. 31

Figura 8 - Percentual de cada material coletado por cooperativas e associações de reciclagem, p. 31

Figura 9 – Linha do tempo desenvolvimento sustentável em nível mundial, p. 32

Figura 10 – Localização do município de Barra Mansa, p. 59

Figura 11 - Linha do tempo com as principais legislações sobre RSU no município de Barra Mansa, p. 60

Figura 12 – Localização do município Volta Redonda, p. 61

Figura 13 - Linha do tempo com as principais legislações sobre RSU no município de Volta Redonda, p. 62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Código de cores para reciclagem de resíduos, p. 30

Quadro 2 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Milanez (2002), p. 36

Quadro 3 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Polaz e Teixeira (2009), p. 37

Quadro 4 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Santiago e Dias (2012), p. 38

Quadro 5 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Fratta et al. (2018), p. 40

Quadro 6 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Dessbesell, Berticelli e Zamberlan (2018), p. 41

Quadro 7 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Luchese e Guadagnin (2018), p. 42

Quadro 8 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Pereira, Curi e Curi (2018), p. 46

Quadro 9 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Silva, Prietto, Korf (2019), p. 51

Quadro 10 - Quadro de especialistas participantes na pesquisa e a justificativa para sua participação no estudo, p. 56

Quadro 11 - Nível de Sustentabilidade (NS), p. 58

Quadro 12 - Matriz de indicadores aplicada nos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda, p. 64

Quadro 13 – Nível de sustentabilidade por dimensão dos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda, p. 67

Quadro 14 – Setores e logradouros de Barra Mansa, p. 70

Quadro 15 - Setores e logradouros de Volta Redonda, p. 71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Disposição final de RSU no Brasil por destinação (t/ano), p. 26

Tabela 2 - RSU recebidos na unidade de tratamento da Haztec – Barra Mansa nos anos de 2016 a 2019, p. 63

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANCAT	Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
F	Favorável
MD	Muito Desfavorável
D	Desfavorável
GRSU	Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira
NS	Nível de Sustentabilidade
ONU	Organização das Nações Unidas
PEVs	Pontos para Entrega Voluntária
PGIRS	Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PIB	Produto Interno Bruto
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
QRR	Quantidade de Resíduos Recicláveis
QRSU	Quantidade de Resíduos Sólidos Urbanos
RDO	Resíduo Domiciliar
RLU	Resíduo de Limpeza Urbana
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
Σ	Somatório

SUMÁRIO

1	<u>INTRODUÇÃO</u>	p. 16
2	<u>OBJETIVOS</u>	p. 19
2.1	OBJETIVO GERAL	p. 19
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	p. 19
3	<u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	p. 20
3.1	PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO ÂMBITO NACIONAL	p. 20
3.2	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA APLICADA AOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	p. 21
3.3	GERAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL	p. 24
3.3.1	<u>Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil</u>	p. 25
3.4	COLETA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL	p. 25
3.4.1	<u>Disposição final dos resíduos sólidos no Brasil</u>	p. 26
3.5	TIPOS DE TRATAMENTOS UTILIZADOS PARA OS RSU	p. 28
3.5.1	<u>Compostagem dos resíduos sólidos orgânicos</u>	p. 28
3.5.2	<u>Incineração</u>	p. 29
3.5.3	<u>Coleta seletiva e reciclagem</u>	p. 29
3.6	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE	p. 32
3.7	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	p. 35
4	<u>MATERIAIS E MÉTODOS</u>	p. 55
4.1	SELEÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA RSU	p. 55
4.1.1	<u>Técnica Delphi</u>	p. 55
4.1.2	<u>Cálculo do nível de sustentabilidade</u>	p. 57
4.2	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	p. 59
4.2.1	<u>Caracterização dos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda – Rio de Janeiro</u>	p. 59
4.2.2	<u>Relevância para a área de estudo</u>	p. 63
5	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	p. 64
5.1	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL	p. 67
5.1.1	<u>Indicador “possui um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos”</u>	p. 67

5.1.2	<u>Indicador “existência de coleta seletiva no município”</u>	p. 68
5.1.3	<u>Indicador “abrangência da coleta seletiva no município”</u>	p. 69
5.1.4	<u>Indicador “existência de lixeiras públicas”</u>	p. 70
5.1.5	<u>Indicador “eficiência da coleta convencional”</u>	p. 70
5.1.6	<u>Indicador “Geração de RSU <i>per capita</i> (kg/hab.ano)”</u>	p. 72
5.1.7	<u>Indicador “aterro sanitário/ controlado licenciado”</u>	p. 73
5.1.8	<u>Indicador “intersectorialidade”</u>	p. 73
5.1.9	<u>Indicador “Grau de execução do Plano Municipal de RSU vigente”</u>	p.74
5.1.10	<u>Indicador “Capacitação contínua de agentes que atuam na área da limpeza pública”</u>	p. 74
5.1.11	<u>Indicador “existência de pontos para entrega voluntária dos resíduos segregados”</u>	p. 74
5.1.12	<u>Indicador “veículo coletor específico e apropriado em termos de capacidade, tratamento para as necessidades de geração local”</u>	p. 75
5.1.13	<u>Indicador “Aplicação dos recursos provenientes da coleta seletiva”</u>	p. 75
5.1.14	<u>Indicador “Inclusão de ações de Educação Ambiental”</u>	p. 76
5.1.15	<u>Indicador “Percentual de pessoas atendidas pela coleta seletiva”</u>	p. 76
5.1.16	<u>Indicador “catadores organizados”</u>	p.76
5.1.17	<u>Indicador “Salubridade do local de trabalho dos catadores (EPI, banheiros, refeitório, armazenamento adequado do refugo e dos recicláveis, cobertura, piso impermeabilizado)”</u>	p. 77
6	<u>CONCLUSÃO</u>	p. 80
6.1	<u>RECOMENDAÇÕES</u>	p. 81
	<u>REFERÊNCIAS</u>	p. 82
	<u>APÊNDICE I</u>	p. 91

1 INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) vem crescendo rapidamente, tornando-se algo preocupante para as gestões federais, estaduais e municipais (FRANCA et al., 2019). Segundo o Relatório *What a Waste 2.0*, (2018), estima-se que em 2050 sejam gerados 3,40 bilhões de toneladas de RSU por ano no mundo, um crescimento de 70% comparado ao ano de 2017.

Os níveis de poluição associados aos resíduos sólidos dispostos em discordância com as boas práticas de tratamento irão aumentar e a sociedade futura terá que lidar com ainda mais locais contaminados provenientes destes resíduos (FRANCA et al., 2019).

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), tal problemática está associada, em parte, ao crescimento populacional e esse cenário tende a se agravar, dado que a população tende a chegar entre 9,5 e 10 bilhões em 2050 (ONU, 2017). Nesse sentido, enfatiza-se a urgência da elaboração de uma gestão dos RSU consistente (HOORNWEG, BHADA-TATA, 2012).

O desperdício atrelado ao consumo exacerbado e inconsciente também acentuam a problemática da gestão dos RSU. Como consequência desse processo, em 2018, a geração mundial de RSU foi de mais de 2 bilhões de toneladas, sendo 99% desses resíduos provenientes de bens de consumo que não duram seis meses (ONU-Habitat, 2018).

Devido a pandemia do COVID-19, surgiu a necessidade de adaptação no método de atividades escolares, serviços públicos etc., levando a população para uma outra modalidade de trabalho, o *home office*. Nesse contexto houve a diminuição dos resíduos sólidos provenientes de varrições e resíduos gerados nos estabelecimentos comerciais. Porém a geração dos RSU provenientes de domicílios aumentou devido ao alto consumo de alimentos (KULKARNI; ANANTHARAMA, 2020).

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), no Brasil, em 2019, foram gerados 79 milhões de toneladas de RSU no país, um crescimento de 18% em relação ao ano de 2010 e 36% (29 milhões de toneladas) desses resíduos gerados foram dispostos em locais inadequados (ABRELPE, 2020).

O Brasil sofre pressões de países desenvolvidos e em desenvolvimento para aplicar a correta gestão sustentável de resíduos, pois deseja-se que os resíduos sejam tratados como recurso, que é uma recomendação da União Europeia, seguindo a seguinte ordem hierárquica:

prevenir, minimizar, reutilizar, reciclar, recuperar e em último caso a disposição final ambientalmente adequada (COSTA; FERREIRA DIAS, 2020).

O termo gestão sustentável está associado ao equilíbrio das operações da economia, meio ambiente e sociedade para atender às necessidades da humanidade hoje e futura (ZHAO et al., 2019).

O estabelecimento dos instrumentos regulatórios de gestão de resíduos no Brasil é considerado tardio comparado aos países desenvolvidos, pois a França em 1957, os Estados Unidos da América (EUA) em 1965, o Japão em 1970, a Alemanha em 1986 e a Espanha em 1986 já possuíam uma política ou instrumento específicos para uma gestão sustentável dos resíduos sólidos (MAIELLO; BRITTO; VALLE, 2018).

O Brasil difere de parte dos países em desenvolvimento, pois a qualidade da gestão de resíduos é tão ruim quanto em alguns outros países de baixa renda. Isso é explicado pelos contextos culturais e socioeconômicos diferentes de cada região (CETRULO et al., 2018).

Para nortear as questões relacionadas à gestão dos RSU no Brasil, foi instituída, por meio da Lei Nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que em seu Capítulo I dispõe sobre:

Seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos sólidos, incluindo os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

A PNRS representa um grande marco para o país, pois pela primeira vez foram geradas diretrizes específicas relacionadas à gestão de resíduos sólidos envolvendo as responsabilidades de geradores e poder público (MANNARINO; FERREIRA; GANDOLLA, 2016). No entanto, a otimização sobre a gestão de resíduos ainda não é uma realidade (GHESLA et al., 2018).

A PNRS não apresentou as mudanças desejadas na gestão dos RSU municipais no que tange no quesito indicadores como: geração de resíduos, frequência de coleta, taxa de resíduos recicláveis e desativação de aterros controlados e lixões (CETRULO et al., 2018).

No artigo 19, inciso VI, a PNRS (2010) apresentou os indicadores de desempenho ambiental como conteúdo mínimo nos planos municipais de gestão integrada, tornando os indicadores de sustentabilidade um instrumento importante para a gestão pública.

Os indicadores de sustentabilidade contribuem para estruturar e comunicar informações sobre as questões centrais e tendências para desenvolvimento, onde promovem

uma melhor compreensão de como os sistemas ambientais operam e como as ações humanas afetam as diferentes dimensões da sustentabilidade (ZHOU et al., 2015).

Para Nogueira Zon (2020), os indicadores de sustentabilidade são ferramentas que devem ser utilizadas para planejar, monitorar e avaliar se um sistema de gestão sustentável dos RSU.

Gomes et al. (2015) observam que os indicadores ambientais buscam avaliar os resultados alcançados por empresas com base nas estratégias estabelecidas para possibilitar a elaboração de novos planos ou propostas de melhoria.

Considerando que os RSU são um problema de saúde pública, que a crescente geração de resíduos é um desafio para as administrações municipais e que os gestores públicos buscam garantir o saneamento básico para a sociedade, essa pesquisa tem como tema a sustentabilidade na gestão dos RSU. O presente trabalho tem seu problema de pesquisa pautado em uma análise da sustentabilidade na gestão dos RSU nos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda – RJ.

O trabalho é dividido em seis partes, sendo a primeira referente à introdução aos temas que serão abordados, a segunda trata dos objetivos geral e específicos da pesquisa, destacando quais as suas finalidades. Na terceira parte a revisão bibliográfica onde demonstra os trabalhos semelhantes a este e seus resultados a fim de embasar teoricamente a pesquisa. A quarta refere-se à metodologia do trabalho e à classificação da pesquisa, quanto à natureza, abordagem e procedimentos técnicos, a quinta traz os resultados e discussões e a sexta parte a conclusão.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a gestão de RSU dos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda por meio de indicadores de sustentabilidade.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i- Levantar indicadores de sustentabilidade para a gestão dos RSU à luz da literatura;
- ii- Selecionar os indicadores de acordo com o grau de importância e dimensões da sustentabilidade;
- iii- Analisar os indicadores selecionados, identificar fatores críticos na gestão dos RSU e propor ações de melhoria.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO ÂMBITO NACIONAL

O consumo de bens nas residências brasileiras gera embalagens, restos de alimentos, garrafas plásticas, latas de alumínio, papel e papelão e são considerados lixo, sendo enviados para a coleta de lixo urbana. Entretanto há diferenças entre resíduos e rejeitos. De acordo com a Lei N° 12.305/10, entende-se por resíduos sólidos:

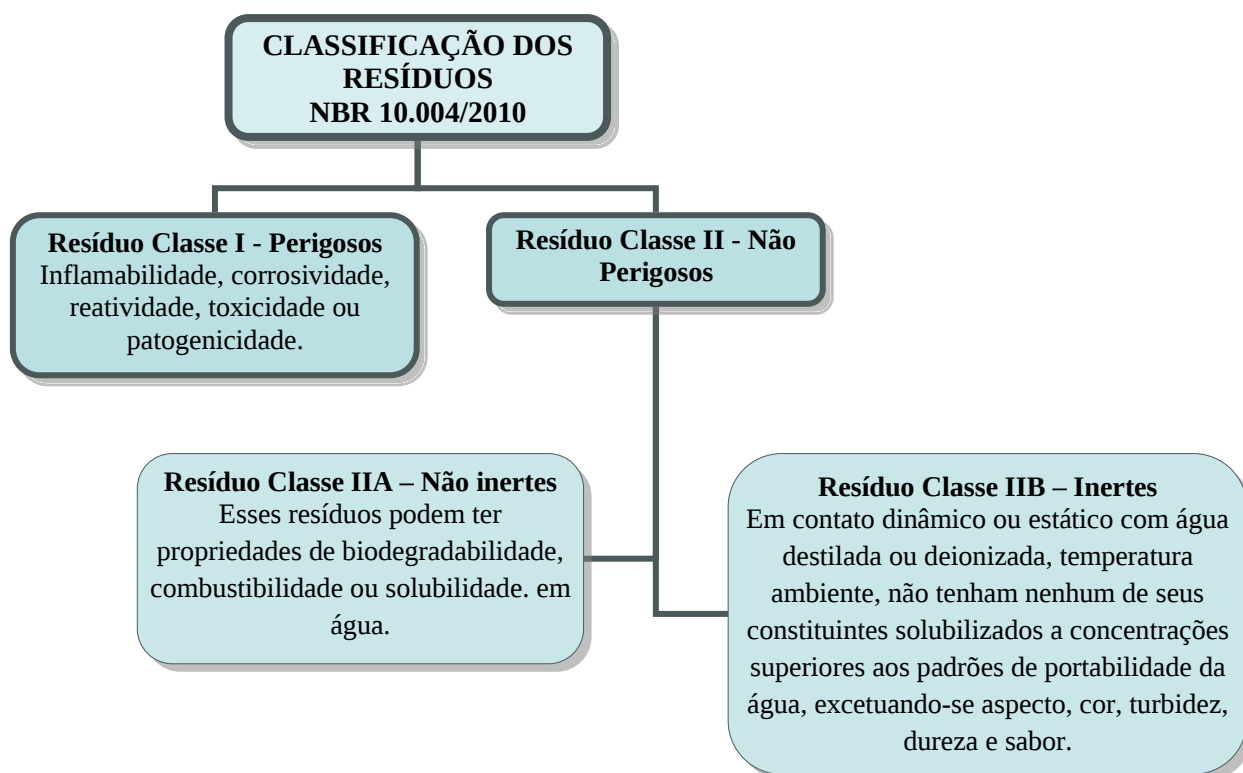
Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável 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 (BRASIL, 2010).

Rejeitos são definidos como: “Resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010).

Para a classificação dos resíduos sólidos é utilizada a NBR 10.004/2010 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que os classifica quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. Tal classificação facilita o gerenciamento adequado dos RSU e os categoriza em Classe I (Perigosos), para aqueles que apresentam um potencial risco ao meio ambiente e à saúde pública, e Classe II (Não Perigosos) sendo esta subdividida entre IIA (aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos Classe I – Perigosos ou de resíduos Classe IIB) e IIB (resíduos que quando submetidos à determinadas condições não solubilizem nenhum de seus constituintes a concentrações acima dos padrões de potabilidade da água) (Figura 1).

Os resíduos sólidos podem ser classificados quanto à origem: resíduos domiciliares, resíduos de limpeza urbana, resíduos de serviço de saúde, resíduos de construção civil, entre outros (BRASIL, 2010).

Figura 1 – Fluxograma explicativo sobre a classificação dos resíduos sólidos de acordo com a NBR 10.004/2010.



Fonte: Adaptado da NBR 10.004/2010.

Além disso, é importante destacar a definição dos RSU de acordo com o artigo 13 da PNRS (2010) que consiste em: a) Resíduos Domiciliares (RDO), que são originários de atividades domésticas em residências urbanas e; b) Resíduos de Limpeza Urbana (RLU), que são originários de varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.

3.2 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA APLICADA AOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Os RSU são um problema mundial e para nortear esse tema os governos federal, estaduais e municipais criaram suas legislações com o intuito de normatizar o gerenciamento de resíduos nos setores públicos e privados. Na Figura 2, têm-se a linha do tempo para as legislações federal e estadual referente a resíduos.

Figura 2 - Linha do tempo das principais legislações sobre RSU no Brasil.



Fonte: Adaptado de Brasil, 1988; 2007; 2010; PL1991; Rio de Janeiro 2003 e CONAMA 1999.

A Constituição Federal de 1988 expressa o direito dos cidadãos brasileiros por garantir liberdades civis e os direitos do Estado. Segundo Brasil e Carli, (2021), “a Constituição Federal outorgou à União, como Ente Coordenador da Federação Brasileira, a

missão de editar diplomas normativos para instituição de políticas nacionais, e, no caso, da PNRS, cumpriu seu papel ao editar a Lei N° 12.305/2010”.

A Lei Federal N° 14.445 de 2007, institui a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2007), onde estabelece diretrizes nacionais sobre os serviços de saneamento básico constituído por: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo dos resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais.

A PNSB (2007) institui o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SNIS) que visa a coleta e disponibilização de informações acerca da prestação dos serviços de saneamento, além de promover uma avaliação dos serviços.

O marco legislativo para as questões de RSU foi a instituição da PNRS, que foi elaborada pela União, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente, com vigência por prazo indeterminado e horizonte de vinte anos, sendo atualizada a cada quatro anos (BRASIL, 2010).

O Capítulo I, Art. 1º, parágrafo 1º da PNRS estabelece que: “Estão sujeitas à observância desta Lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos”, englobando assim todos para o cumprimento das obrigações nela contida.

A PNRS parte do princípio da redução de resíduos, propondo práticas de consumo sustentável, incentivando a reciclagem e reutilização dos resíduos, agregando valores econômicos ao mesmo e a destinação ambientalmente correta dos rejeitos (BRASIL, 2010). Dentre os instrumentos da PNRS estão os planos de resíduos sólidos elencados, no artigo 14, assim:

I - O Plano Nacional de Resíduos Sólidos; II - os planos estaduais de resíduos sólidos; III - os planos microrregionais de resíduos sólidos e os planos de resíduos sólidos de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas; IV - os planos intermunicipais de resíduos sólidos; V - os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos; VI - os planos de gerenciamento de resíduos sólidos.

Destacam-se os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), que estão relacionados aos serviços de limpeza urbana e gerenciamento dos RSU. Estes instrumentos são requisitos para incentivos, financiamentos ou recursos advindos da União (BRASIL, 2010).

O PMGIRS é de responsabilidade dos municípios e consiste em um diagnóstico sobre a situação atual de resíduos gerados, a identificação de áreas favoráveis para disposição

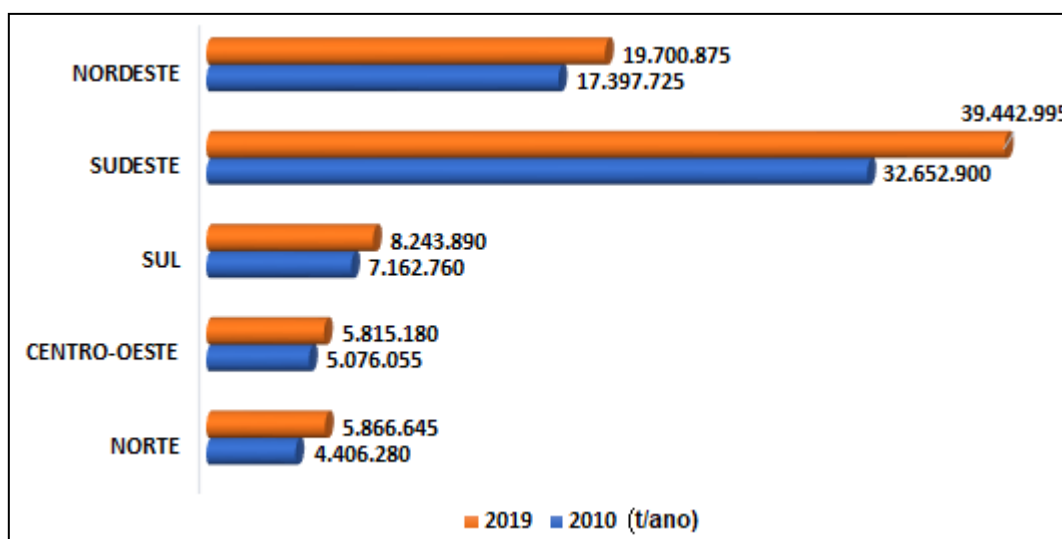
final ambientalmente adequada de rejeitos, a identificação das possibilidades de implantação de soluções consorciadas ou compartilhadas com outros Municípios, entre outros conteúdos (BRASIL, 2010).

Por lei, todos os municípios deveriam apresentar seus Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (Art. 55º) até agosto de 2012. Os lixões do Brasil deveriam ter sido extintos até 2 de agosto de 2014 e os RSU só poderiam ser enviados aos aterros sanitários (BRASIL, 2010).

3.3 GERAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL

No Brasil, em 2019, foram gerados mais de 79 milhões de toneladas de RSU, que equivale a um aumento de quase 17% na geração comparado com dados de 2010, ano da implantação da PNRS. A região Norte nesse período teve um aumento de mais de 33% na geração de resíduos. Em 2019 a região Sudeste foi responsável por gerar 49,88% de resíduos (Figura 3). A geração *per capita* aumentou aproximadamente 9%, em 2019 comparado ao ano de 2010, o que corresponde a uma geração de 379,2 kg/habitante/ano (ABRELPE, 2020).

Figura 3 – Geração de resíduos sólidos urbanos por região do Brasil nos anos de 2010 e 2019.

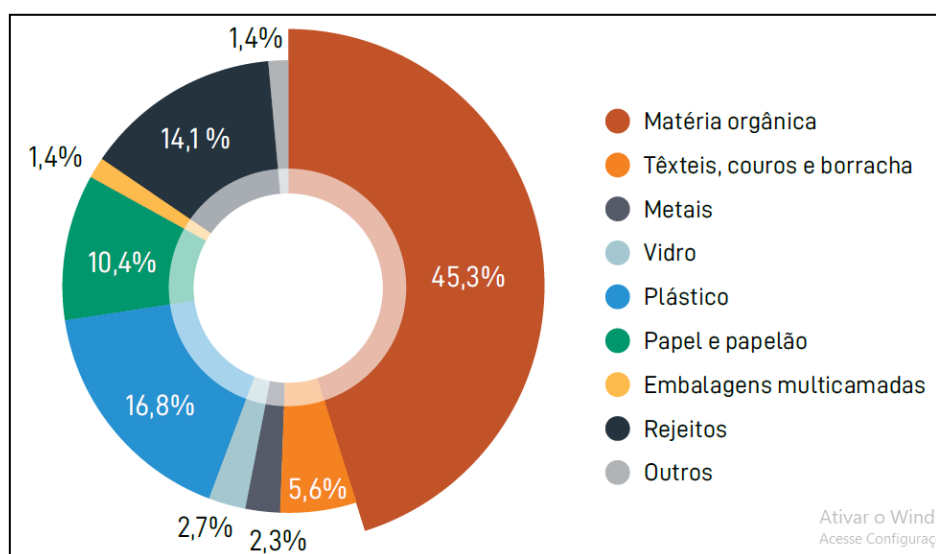


Fonte: Adaptado de Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020 (ABRELPE, 2020).

3.3.1 Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil

A composição gravimétrica dos RSU refere-se aos tipos de materiais descartados pela população como plásticos, metais, vidros, resíduos orgânicos, madeiras, papeis, embalagens e outros. Seu conhecimento é fundamental para a gestão integrada e eficiente desses materiais (BRASIL, 2010). Quando esses materiais são enviados para os aterros, conferem em um desperdício potencial de reciclagem. As cidades devem conduzir periodicamente estudos sobre a composição dos resíduos, de forma a orientar as melhores ações e processos a serem desenvolvidos no âmbito das administrações municipais (NOLASCO et. al., 2021). No ano de 2019, dos resíduos gerados pelo Brasil, 45% foram de resíduos orgânicos, o que poderia ser enviado a uma unidade de compostagem. Papeis e plásticos conferem em 27,2% e que apenas 14,1% deveriam ter sido encaminhados aos aterros (Figura 4) (ABRELPE, 2020).

Figura 4 - Percentual da composição gravimétrica média dos RSU no Brasil.



Fonte: ABRELPE, 2020.

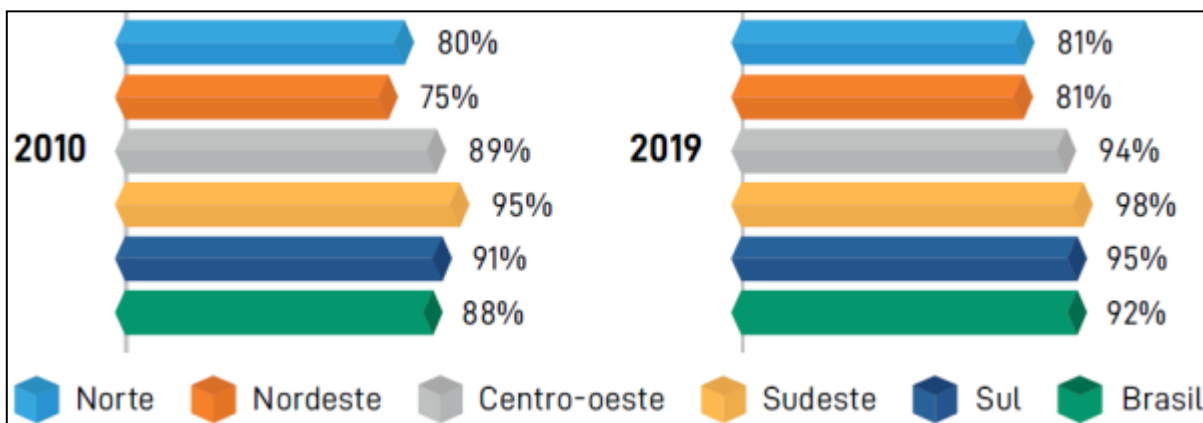
3.4 COLETA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL

De acordo com o SNIS, 2020, a coleta de RSU está presente em 3.712 municípios, o que corresponde a 66,6% do total dos municípios do país em 2019.

A coleta de RSU passou de 52 milhões de toneladas em 2010 para 72 milhões de toneladas em 2019. A cobertura de coleta de resíduos foi de 88% para 92% no mesmo

período. Observa-se que a região Sudeste tem uma taxa de cobertura de coleta de 98%, seguida pela região Sul com 95% (Figura 5). A região Norte foi a quem menos progrediu nas coletas desde 2010, crescendo apenas 1% até 2019.

Figura 5 – Percentual de coleta de RSU em cada região do Brasil nos anos de 2010 e 2019.



Fonte: Elaborado a partir do Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2019 (ABRELPE, 2020).

Estima-se que, em 2019, 6,3 milhões de toneladas de RSU não foram coletados, ou seja, ficaram dispostos no meio ambiente ou encaminhados para aterros clandestinos ou vazadouros (ABRELPE, 2020).

3.4.1 Disposição final dos resíduos sólidos no Brasil

Em 2019, o Brasil, destinou 59,5 % (43.300.315 t) dos RSU para os aterros sanitários nas regiões brasileiras, 23% (16.727.950 t) foram encaminhados para aterros controlados e 17,5% (12.720.250 t) aos lixões (Tabela 1). Dessa forma, 40,5% dos resíduos sólidos gerados foram dispostos em discordância com a PNRS. Vale ressaltar que comparado ao ano de 2010 houve um crescimento de 2,7% na destinação adequada dos resíduos (ABRELPE, 2020).

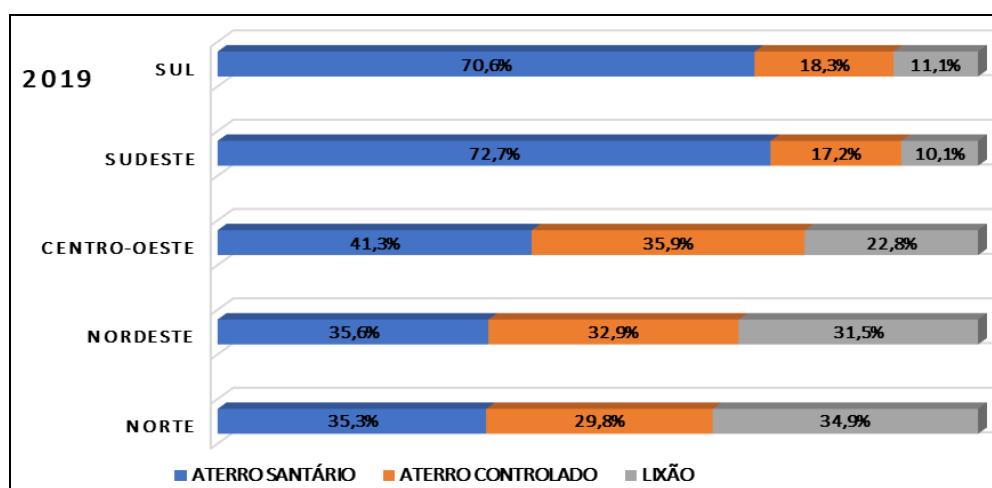
Tabela 1 - Disposição final de RSU no Brasil por destinação (t/ano).

DISPOSIÇÃO FINAL	REGIÕES E BRASIL - 2019					
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Brasil
Aterro Sanitário	1.683.745	5.686.700	2.252.415	28.121.425	5.556.030	43.300.315
Aterro Controlado	1.421.675	5.255.270	1.957.860	6.653.220	1.440.290	16.727.950
Lixão	1.664.765	5.031.525	1.243.190	3.906.960	873.445	12.720.250

Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2020.

As regiões Sul e Sudeste destinaram mais de 70% dos seus resíduos em aterros sanitários, enquanto a região Centro-oeste destinou pouco mais de 41% e as regiões Nordeste e Norte pouco mais de 35% (Figura 6), demonstrando que o Brasil ainda não conseguiu cumprir com a meta da PNRS que era extinguir o uso dos lixões e aterros controlados até 2014 (BRASIL, 2010; ABRELPE, 2020).

Figura 6 – Distribuição da destinação dos RSU pelas regiões brasileiras no ano de 2019.



Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2020.

A PNRS (2010) define a disposição final ambientalmente adequada como a 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. Embora a própria PNRS tenha enfatizado a importância de metas para a eliminação e recuperação de lixões, no Brasil os aterros controlados e lixões ainda são uma realidade. Os diferentes tipos de aterros possuem características diversas. A definição para aterro sanitário, segundo a NBR 8419 (1992) é:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza os princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-o com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

Os Aterros Sanitários são constituídos por um conjunto de normas operacionais específicas e princípios básicos de engenharia, como sistemas de drenagem,

impermeabilização, compactação, estabilidade de maciço e monitoramento ambiental, visando a redução dos impactos ambientais (SILVA, TAGLIAFERRO, 2021).

De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012) o termo aterro controlado e lixão são definidos respectivamente como: “forma inadequada de disposição final de resíduos e rejeitos, no qual o único cuidado realizado é o recobrimento da massa de resíduos e rejeitos com terra”. Lixão, por sua vez é define como: “forma inadequada de disposição final de resíduos e rejeitos, que consiste na descarga do material no solo sem qualquer técnica ou medida de controle”.

Segundo SINGH, 2019, os lixões constituem um problema sanitário, podendo resultar riscos à saúde humana, devido a reprodução de insetos patogênicos, proliferação de vetores, contaminação do solo e águas subterrâneas por chorume e emissão de gases do efeito estufa.

3.5 TIPOS DE TRATAMENTOS UTILIZADOS PARA OS RSU

De acordo com o Capítulo I, Art. 9º da Lei Nº 12.305/10 diz: “na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”.

Seguindo as orientações supracitadas, abaixo têm-se alguns métodos de tratamento utilizados para os RSU como: compostagem dos resíduos orgânicos, incineração, coleta seletiva e reciclagem.

3.5.1 Compostagem dos resíduos sólidos orgânicos

A compostagem é um processo biológico que transforma os resíduos orgânicos em substâncias estáveis, (húmus), podendo aplicar nos solos. Sendo assim, para que haja de fato um processo de compostagem é necessário que os resíduos orgânicos sejam submetidos a um processo de biodegradação. Dessa forma os resíduos são decompostos via processo biológico através de microrganismos, transformando-os em materiais mineralizados e estáveis, gerando assim o fertilizante natural (VIGNESWARAN et al., 2016).

O processo de compostagem possui seus prós e contras. Como vantagens destaca-se a contribuição do aumento da vida útil do aterro sanitário e consequentemente redução dos gastos com tratamento de chorume. Sendo um processo que eleva a temperatura para a

transformação bioquímica ele inativa microrganismos patogênicos e transforma resíduos em insumos. Como desvantagens tem-se os cuidados com a temperatura, potencial hidrogeniônico - pH, umidade e outros tornando mais complexo o processo. Sem os devidos cuidados no procedimento podem ocorrer moscas, ratos e outras pragas urbanas pois alguns fatores podem prejudicar a compostagem, tais como: excesso de umidade, baixa aeração, baixa temperatura, grandes partículas de resíduos e pH fora da faixa de 6,5 a 9,0. No entanto, essas variáveis devem ser controladas a fim de que haja uma biodegradação satisfatória (MASSUKADO, 2016; VIGNESWARAN et al., 2016).

3.5.2 Incineração

A incineração de RSU tem como objetivo a redução de volume e massa. Tal redução pode variar entre 70 e 80% e acontece devido a ocorrência de altas temperaturas que podem chegar de 900°C a 1200°C no interior das câmaras aliadas a um controle de oxigênio para uma perfeita combustão, conferindo assim uma degradação térmica dos resíduos (DING et. al., 2018). Como os RSU são ricos em diversidade, o controle operacional e ambiental deve ser feito para garantir que na queima dos resíduos não sejam lançados na atmosfera poluentes como óxidos de nitrogênio e enxofre (NO_x e SO_x) assim como dioxinas e furanos (MANNARINO et al., 2016).

A incineração tem como vantagens redução de volume. As cinzas formadas após a incineração são os rejeitos do processo e podem ser enviadas para aterros. Os órgãos ambientais aceitam esse tipo de tratamento desde que sejam licenciados. Sua aplicação pode ser em diferentes tipos de resíduos e o processo pode gerar energia e abastecer bairros e municípios (HADIDI et al., 2020). Como desvantagem do processo tem-se o alto custo dos filtros para controle das emissões dos gases gerados durante a queima. Os gases liberados possuem alta toxicidade e podem ocasionar mortandade de espécies animais, vegetais e contaminação dos seres humanos (OUDA et al., 2017).

3.5.3 Coleta seletiva e reciclagem

Para melhor definição de reciclagem o Ministério do Meio Ambiente (MMA) a define como:

[...] um conjunto de técnicas de reaproveitamento de materiais descartados, reintroduzindo-os no ciclo produtivo. É uma das alternativas de tratamento de resíduos sólidos (lixo) mais vantajosas, tanto do ponto de vista ambiental quanto do

social: ela reduz o consumo de recursos naturais, poupa energia e água, diminui o volume de lixo e dá emprego a milhares de pessoas (MMA, 2012a).

Para que se possa realizar a reciclagem é necessário que se faça a coleta seletiva, que por sua vez deve ser concebida na origem da geração de resíduos, de forma separada segundo a sua constituição ou composição.

De acordo com a Resolução nº 275/2001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), para um melhor uso da reciclagem e incentivo à coleta seletiva, é recomendado a padronização de código de cores para cada tipo de resíduos (Quadro 1). Uma das obrigações contidas na PNRS é a implantação de coleta seletiva em todos os municípios, que faz parte do conteúdo mínimo do plano de gestão integrada de resíduos sólidos.

Quadro 1 - Código de cores para reciclagem de resíduos.

Código de Cores	Material
 Azul	Papel/papelão
 Vermelho	Plástico
 Verde	Vidro
 Amarelo	Metal
 Preto	Madeira
 Laranja	Resíduos Perigosos
 Branco	Resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde
 Roxo	Resíduo Radioativo
 Marrom	Orgânico
 Cinza	Resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 275/200.

Em 2019, o número de municípios que participaram de alguma iniciativa de coleta seletiva foi 4.070, ou seja, comparado com os dados de 2010 a participação aumentou em mais de 29%. Vale ressaltar que nem sempre a coleta seletiva está implementada na sua área total urbana (ABRELPE, 2020).

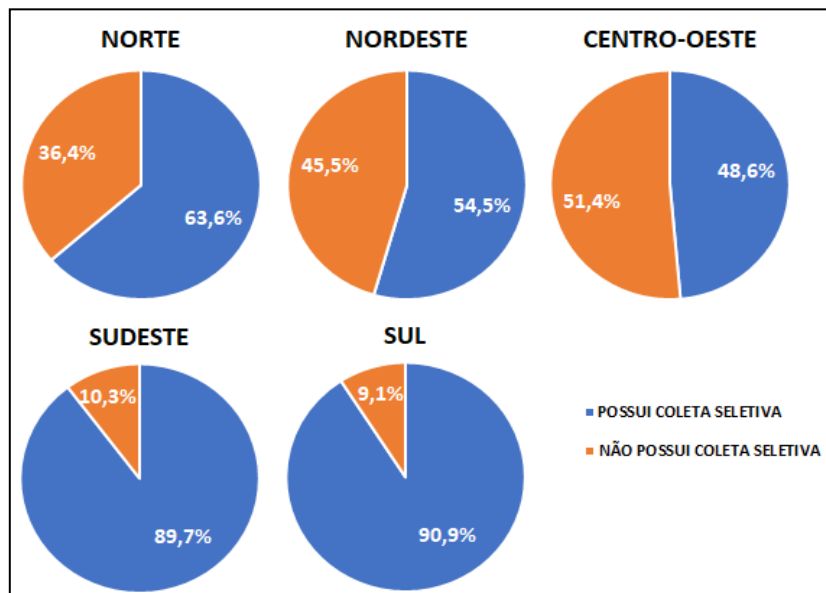
Segundo informações da Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis (ANCAT, 2020), a coleta seletiva no Brasil ainda possui baixa abrangência, representando 38% da população urbana

No Brasil em 2019, cerca de 73,1% das cidades apresentaram alguma iniciativa de coleta seletiva, com destaque para a região Sul possui uma abrangência municipal de 90,9% da coleta seletiva (ABRELPE, 2020).

Em percentuais da coleta, somente as regiões Sudeste e Sul estão acima da média brasileira. Vale destacar que a região Centro-Oeste é a que possui a menor contribuição dos

municípios, com 48,6%, porém foi a região que mais cresceu em termos de cobertura, onde 2010 era de 26,1% (Figura 7) (ANCAT, 2020; ABRELPE, 2020).

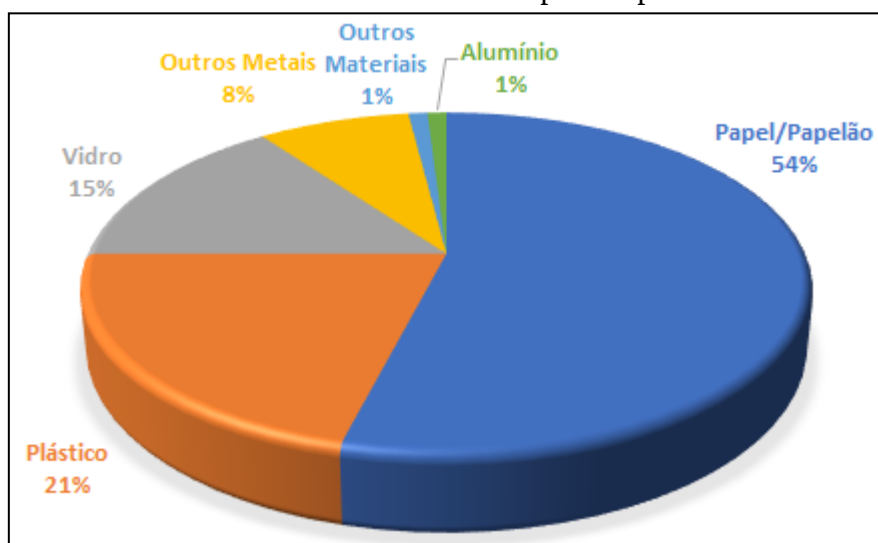
Figura 7 – Percentual das regiões brasileiras que possuem coleta seletiva.



Fonte: Adaptado da ABRELPE, 2020.

De acordo com o Anuário da Reciclagem 2020 emitido pela ANCAT, o maior material reciclável coletado pelas cooperativas monitoradas no ano de 2019 foi o papel/papelão, representando 54% do total coletado, seguido do plástico com 21%, vidro 15%, metais 8% e alumínio 1% (Figura 8) (ANCAT, 2020).

Figura 8 - Percentual de cada material coletado por cooperativas e associações de reciclagem.



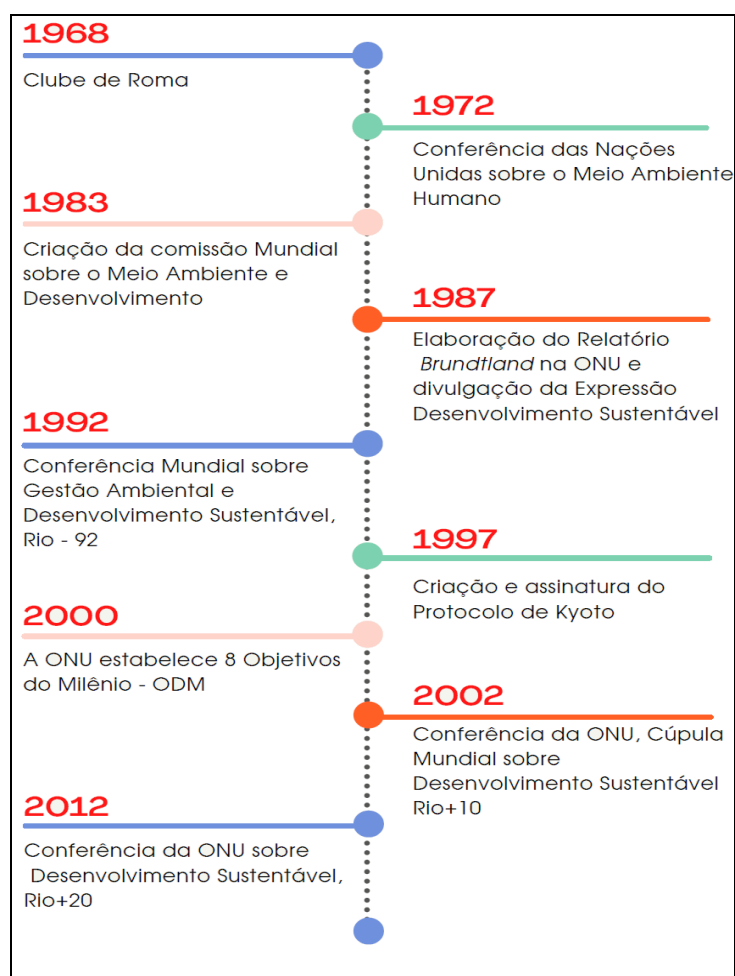
Fonte: Adaptado da ANCAT, 2020.

As vantagens da coleta seletiva são: menor consumo energético para transformação da matéria, diminuição dos resíduos que vão para os aterros sanitários, aumento da reserva de recursos naturais, redução de poluentes atmosféricos e hídricos e criação de novos negócios de produtos reciclados (HADIDI, 2020).

3.6 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE

O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu na década de 1970 e tem como base o uso dos recursos de maneira consciente, garantindo a qualidade de vida para as gerações futuras, sem destruição do meio ambiente (ZHAO et al., 2019). Na Figura 9 tem-se a linha do tempo com os principais eventos relacionados ao tema de desenvolvimento sustentável.

Figura 9 – Linha do tempo desenvolvimento sustentável em nível mundial.



Fonte: Elaborado a partir FRIMAN et al; 2018

O tema desenvolvimento sustentável começou a virar pauta nas agendas da ONU desde 1972, quando foi realizada a primeira Conferência da ONU sobre o Meio Ambiente em Estocolmo (FRIMAN et al., 2018).

Em 1987, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento emitiu o Relatório de *Brundtland*, mais conhecido como Nosso Futuro Comum. No relatório está concebido o conceito de desenvolvimento sustentável como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. O relatório tenta demonstrar a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumos (RITA, et al., 2020).

No Brasil, o tema ganhou força com a Agenda 21, que foi um documento assinado em 14 de junho de 1992, no Rio de Janeiro, nele constavam 179 países participantes, que definiram metas para se alcançar um desenvolvimento sustentável. A Agenda 21 é definida como: “um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica” (BURGOS; BOCCO, 2021).

Após a Rio 92, o tema desenvolvimento sustentável ganhou força em termos globais e foi idealizado para ser promovido a longo prazo nos pilares da sustentabilidade ambiental, econômica e social, no entanto, embora seja um tema que deva ser sempre abordado por gestores, vem sendo pouco discutido (PUPPHACHAI; ZUIDEMA, 2017).

Com o passar dos anos, o conceito de desenvolvimento sustentável foi se adaptando e se correlacionando com outras áreas. O conceito básico está relacionado a inter-relação entre as dimensões social, ambiental e econômica (VISVALDIS et al., 2013).

Para Silvestre (2016), as três dimensões expostas na Agenda 21 não satisfaziam por completo o chamado desenvolvimento sustentável, sendo assim o autor incluiu uma avaliação simultânea financeira, ambiental e social em seu estudo. Já Cruz e Ferrer (2015) adicionaram a dimensão tecnológica, uma vez que na atualidade tanto para a economia quanto para o meio ambiente é um fator fundamental para seguir com o desenvolvimento sustentável.

Segundo Nascimento (2012), as dimensões econômica, ambiental e social são as mais comuns apontadas por outros autores, mas faz uma crítica à exclusão da dimensão política. Para o autor a consequência desta exclusão se deve ao poder público que não abrange o tema com sua devida importância.

Pode-se observar que em todas as literaturas consultadas apontam as dimensões ambiental, econômica e social como base para o desenvolvimento sustentável. Alguns autores combinam as dimensões como foi feito por Cruz e Ferrer (2015) que, apontou a dimensão tecnológica e Nascimento (2012) a dimensão política. A partir dos cruzamentos destas dimensões/critérios, a partir da literatura, têm-se as seguintes definições:

- i) Ambiental/Ecológica: Foi considerada a primeira e mais conhecida dimensão, impulsionada pela comunidade internacional, propondo ações comuns, para um consumo do meio ambiente de forma sustentável, minimizando as pressões sobre o meio ambiente (CRUZ e FERRER, 2015; LEVESQUE et al., 2017).
Segundo o IBGE (2015), a dimensão ambiental diz respeito ao uso dos recursos naturais e à degradação ambiental e está relacionada aos objetivos de preservação e conservação do meio ambiente, considerados fundamentais para a qualidade de vida das gerações atuais e o benefício das gerações futuras.
- ii) Econômica: Esta possui dois desafios para a sua aplicação, a primeira é fazer com que aumente a geração de riqueza sem agredir o meio ambiente, ou seja, de forma sustentável e a segunda é a distribuição dessa riqueza gerada de forma justa (ROMEIRO, 2012; CRUZ e FERRER, 2015). É a dimensão que se ocupa da eficiência dos processos produtivos e das alterações nas estruturas de consumo orientadas a uma reprodução econômica sustentável de longo prazo (IBGE, 2015).
- iii) Social/Cultural: A dimensão social pode ser comparada a atividade humana, cuja construção é de uma sociedade mais harmônica e integrada, abrange a proteção da diversidade cultural e a garantia total dos direitos humanos, além do acesso a serviços de saúde e saneamento básico (CRUZ e FERRER, 2015).
- iv) Política/Institucional: Baseia-se na democracia, com o objetivo da efetiva atuação da população nas decisões políticas referentes a problemas ambientais. Outro ponto importante é no âmbito global, com a cooperação mútua das nações para solução ou busca de meios para mitigar os impactos ambientais globais (IAQUINTO, 2018).
- v) Tecnológica: Esta dimensão está relacionada ao desenvolvimento científico e tecnológico local, incentivando as parcerias entre órgãos do governo, empresas do setor privado, universidades e sociedade civil, todos se empenhando para produzir

técnicas inovadoras que ajudem na preservação do meio ambiente (ASSI e CAMPOS, 2013).

3.7 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

No evento realizado pela ONU em 1992, denominada Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD, 1995), foi criada a Agenda 21 que criticava o Produto Interno Bruto (PIB) como indicador de sustentabilidade, sob o argumento de não ser suficiente para retratar a qualidade de vida, sendo necessária a criação de novos indicadores onde reflitam melhor o desenvolvimento sustentável.

A forma como os indicadores de sustentabilidade pode funcionar como ferramentas de auxílio e apoio à administração pública foi abordado por Pupphachai e Zuidema (2017). Os autores apontam para a necessidade destas ferramentas formularem processos de aprendizagem, estabelecendo condições básicas como a acessibilidade, já que devem ser compreensíveis, tanto para a política quanto para os atores sociais envolvidos no processo.

Um modelo de indicadores de sustentabilidade para a gestão de RSU proposto por Milanez (2002), foi a escolha de indicadores que tenham coerência com a realidade local, relevância, monitoramento aplicativo e consciência científica, dessa forma foram identificados onze indicadores (Quadro 2).

Fratta et al., (2018) e Hugo e Lima (2021), utilizaram da técnica proposta por Milanez (2002) para poder identificar o nível de sustentabilidade no sistema de gestão de resíduos sólidos e resíduos de serviço de saúde.

Milanez (2002), aplicou os indicadores no município de Jaboticabal – São Paulo. Segundo o autor, o conjunto de indicadores proposto foi satisfatório, permitindo não apenas uma percepção geral da situação da gestão dos RSU, como ajudou na identificação de prioridades e permitiu o planejamento das ações a serem tomadas.

Quadro 2 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Milanez (2002).

CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE	INDICADORES
(1) Garantia de condições adequadas de trabalho. Os trabalhadores do sistema de RSU (formais ou não-formais) devem trabalhar em um ambiente seguro, salubre e motivador.	Assiduidade dos trabalhadores do serviço de limpeza pública; Existência de situações de risco à saúde em atividades vinculadas à gestão de RSU;
(2) Geração de trabalho e renda. Entre as alternativas tecnológicas para gestão dos RSU deve-se optar por aquelas intensivas em mão de obra, sendo dada prioridade às pessoas que já desenvolvem atividades relacionadas com os RSU.	Postos de trabalho associados à cadeia de resíduos apoiados pelo poder público;
(3) Gestão solidária. A gestão dos RSU, especialmente os processos decisórios, deve ser realizada com ampla participação dos diversos agentes da sociedade.	Canais de participação popular no processo decisório da gestão dos RSU; Realização de parcerias com outras administrações públicas ou com agentes da sociedade civil;
(4) Democratização da informação. As informações relativas à Gestão dos RSU devem ser sistematizadas e divulgadas à população.	Acesso da população às informações relativas à gestão dos RSU;
(5) Universalização dos serviços. Todas as pessoas devem ser atendidas pelo serviço de gestão dos RSU adequadamente, de forma a garantir as condições de saúde pública.	População atendida pela coleta domiciliar de resíduos sólidos;
(6) Eficiência econômica da gestão dos RSU. Tendo sido garantidas as condições de saúde pública e ambiental, bem como a geração de trabalho e renda, deve-se procurar oferecer os serviços de limpeza pública com o menor gasto possível.	Gastos econômicos com a gestão dos RSU;
(7) Internalização pelos geradores dos custos e benefícios. Os custos da gestão dos RSU devem ser assumidos pelos seus geradores.	Autofinanciamento da gestão dos RSU;
(8) Recuperação da degradação devida à gestão incorreta dos RSU. Deve-se recuperar os impactos (passivo ambiental) decorrentes da má gestão dos resíduos	Recuperação de áreas degradadas;
(9) Previsão dos impactos socioambientais. Os impactos das soluções relativas à gestão dos RSU devem ser identificados e minimizados.	Medidas mitigadoras previstas nos estudos de impacto ambiental/licenciamento ambiental;
(10) Preservação dos recursos naturais. Os RSU consistem em matéria-prima para diversas atividades. Deve-se procurar mantê-los no ciclo, de acordo com a hierarquia da gestão dos RSU, o maior tempo possível.	Recuperação de material oriundo do fluxo de resíduos realizada pela administração municipal.

Fonte: Adaptado de MILANEZ, 2002.

Polaz e Teixeira (2009) propuseram 15 indicadores distribuídos em cinco dimensões: ambiental, social, econômica, política e cultural (Quadro 3). Cada indicador no referido modelo contou com um sistema de escala *Likert*, sendo eles: muito desfavorável, desfavorável e favorável. O modelo proposto pelos autores foi aplicado no sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (GRSU) do município de São Carlos – São Paulo.

Quadro 3 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Polaz e Teixeira (2009).

DIMENSÃO	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE
Ambiental/ecológica	1) Quantidade de ocorrências de lançamentos de RSU em locais inadequados.
	2) Grau de recuperação dos passivos ambientais.
	3) Grau de implementação das medidas previstas no licenciamento das atividades relacionadas aos RSU.
	4) Grau de recuperação dos RSU que estão sob responsabilidade do Poder Público.
Econômica	5) Grau de autofinanciamento da gestão pública de RSU.
Social	6) Grau de disponibilização dos serviços públicos de RSU à população.
	7) Grau de abrangência de políticas públicas de apoio ou orientação às pessoas que atuam com RSU.
Política/institucional	8) Grau de estruturação da gestão de RSU na administração pública municipal.
	9) Grau de capacitação dos funcionários atuantes na gestão de RSU.
	10) Quantidade de ações de fiscalização relacionadas à gestão de RSU promovidas pelo poder público municipal.
	11) Grau de execução do Plano Municipal de RSU vigente.
	12) Existência de informações sobre a gestão de RSU sistematizadas e disponibilizadas para a população.
Cultural	13) Variação da geração per capita de RSU.
	14) Efetividade de programas educativos continuados voltados para boas práticas da gestão de RSU.
	15) Efetividade de atividades de multiplicação de boas práticas em relação aos RSU.

Fonte: Adaptado de POLAZ e TEIXEIRA, 2009.

Santiago e Dias (2012), visaram um planejamento a longo prazo contemplando as etapas de coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos. A partir da literatura os autores selecionaram 42 indicadores de sustentabilidade distribuídos em seis dimensões: política, tecnológica, econômica/financeira, ambiental/ecológica, conhecimento e social (Quadro 4). Para cada indicador há três descritores, com pesos que podem variar entre 0 e 5. As notas recebidas para cada indicador são submetidas a uma fórmula, onde o cálculo final remete no nível e sustentabilidade local que podem ser insustentáveis até alta sustentabilidade. Segundo os autores essa matriz pode ser aplicada em qualquer município, onde o resultado final será a identificação da tendência da sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos urbanos local.

Quadro 4 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Santiago e Dias (2012).

DIMENSÃO	PERGUNTA-CHAVE	INDICADORES
Política	Está em consonância com a Política Federal de Saneamento Básico?	(1) Intersetorialidade. (2) Universalidade. (3) Integralidade dos serviços de saneamento básico.
	Está em consonância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos?	(4) Possui um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. (5) Apresenta fiscalização dos serviços de limpeza pública.
Tecnológica	Observa os princípios da tecnologia apropriada?	(6) Utiliza mão de obra local.
		(7) Manutenção dos equipamentos realizados localmente.
		(8) Tecnologia de reaproveitamento com baixo consumo de energia, não atrelado a pagamento de patentes e royalties; fácil manuseio; emprega mão de obra local.
		(9) Veículo coletor específico e apropriado em termos de capacidade, tratamento para as necessidades de geração local.
Econômica/ Financeira	Existe capacidade de pagamento pela população?	(10) Origem dos recursos para o gerenciamento de resíduos sólidos.
	A gestão dos resíduos sólidos urbanos é autofinanciada?	(11) Percentual autofinanciado do custo de coleta, tratamento e disposição final no município.
		(12) Percentual do orçamento do município destinado aos serviços de limpeza pública. (13) Aplicação dos recursos provenientes da coleta seletiva.
Ambiental/ ecológica	Exerce impacto ambiental mínimo?	(14) Eficiência de coleta.
		(15) Satisfação da população em relação à coleta pública (periodicidade/ frequência/ horário).
		(16) Existência de lixeiras públicas.
		(17) Existência de coleta seletiva no município.
		(18) Abrangência da coleta seletiva no município.
		(19) Existência de pontos para entrega voluntária dos resíduos segregados.
		(20) Índice de recuperação de materiais recicláveis.
		(21) Recuperação de resíduos orgânicos.
		(22) Geração de resíduos sólidos urbanos <i>per capita</i> .
		(23) Aterro sanitário / controlado licenciado.
		(24) Existência de aterro para resíduos inertes (resíduos de construção civil).
		(25) Número de pontos de resíduos clandestinos/ extensão total das vias em km.
		(26) Há recuperação de área degradada por resíduos?

Continuação do Quadro 4 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Santiago e Dias (2012).

DIMENSÃO	PERGUNTA-CHAVE	INDICADORES
Conhecimento	Consonância com a Política Nacional de Educação Ambiental e Programa Nacional de Educação Ambiental? Contempla um projeto de educação ambiental de forma a promover a autonomia da população? Permite a participação de todos na tomada de decisões sobre a gestão dos resíduos sólidos, ou seja, existe controle social conforme proposto pela Política Nacional de Resíduos Sólidos? A população contribui adequadamente com a coleta seletiva?	(27) Recursos alocados para ações de Educação Ambiental (em relação ao custo da limpeza pública).
		(28) inclusão de ações de Educação Ambiental.
		(29) Capacitação contínua de agentes que atuam na área da limpeza pública.
		(30) Realização de Avaliação da gestão dos resíduos sólidos de forma participativa.
		(31) Material informativo sobre o manejo dos resíduos sólidos.
		(32) Realização de eventos municipais com a temática ambiental.
		(33) Número de parceiros (Associações, universidades, setor privado, movimentos sociais).
		(34) Existência de conselhos (Saneamento, Saúde, Meio Ambiente).
		(35) Formas de mobilização.
Social	Contempla a inserção de catadores e de artesãos de forma organizada na GRSU.	(36) Índice de rejeito IR (%). (Está relacionado com a coleta seletiva).
		(37) Catadores organizados (cooperativas, associações).
		(38) Renda per capita mensal obtida pelos catadores.
		(39) Abrangência dos cursos de capacitação promovidos aos catadores.
		(40) Salubridade do local de trabalho dos catadores (Equipamentos de Proteção Individual (EPI), banheiros, refeitório, armazenamento adequado do refugio e dos recicláveis, cobertura, piso impermeabilizado).
		(41) Artesãos que utilizam resíduos pós-consumo como fonte de renda.
		(42) Pessoas atuantes na cadeia de resíduos que tem acesso a apoio ou orientação definidos em uma política pública municipal.

Fonte: Adaptado de SANTIAGO e DIAS, 2012.

Fratta et. al., (2018), utilizou um questionário afim de comparar a evolução do Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS) entre os anos de 2014 e 2017 no ABC Paulista. Foram enumerados dez indicadores, com seu grau de importância, sendo eles: tendência muito desfavorável (MD), tendência desfavorável (D) tendência favorável (F) (Quadro 5). Após os resultados pôde-se concluir que houve avanços nos municípios em relação às práticas sustentáveis na gestão dos RSU.

Quadro 5 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Fratta et. al (2018).

INDICADORES	RESPOSTA DO MUNICÍPIO
(1) Número de ocorrências de manejo de resíduos urbanos liberados em locais insustentáveis.	(F) Menos de 100 ocorrências/ano para cada 1000 habitantes.
(2) Grau de autofinanciamento da gestão pública de resíduos.	(D) Existência de uma fonte específica para financiar o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, mas não cobre todos os custos.
(3) Grau de disponibilidade dos serviços públicos de resíduos para a população.	(F) Disponibilidade total de serviços de utilidade pública.
(4) Grau de abrangência das políticas públicas para apoiar ou orientar as pessoas que trabalham com os resíduos.	(D) Disponibilidade média de serviços públicos.
(5) Grau da estruturação da gestão de resíduos na administração pública municipal.	(F) Existência de uma administração bem estruturada para a gestão de resíduos sólidos urbanos.
(6) Grau de qualificação dos empregadores envolvidos na gestão de resíduos.	(F) Todos os funcionários do setor de gerenciamento de resíduos sólidos recebem treinamento específico.
(7) Variação na geração de resíduos per capita.	(F) Taxa de variação inferior a 1kg.
(8) Eficácia da multiplicação de boas práticas em relação ao desperdício.	(D) Pouca disseminação efetiva de boas práticas de gestão de resíduos sólidos urbanos.
(9) Cobertura da coleta seletiva no município.	(F) Possui coleta seletiva efetiva no município.
(10) Preferência na conversão de resíduos em energia.	(F) Suporte para a biodigestão anaeróbica.
Total	(F) 7 + (D) 3 = 10

Fonte: Adaptado de FRATTA et. al., 2018.

Dessbesell, Berticelli e Zamberlan (2018) selecionaram 15 indicadores nas literaturas distribuídos em três dimensões, onde foram selecionados 5 indicadores na dimensão ambiental, 5 na dimensão econômica e 5 na dimensão social (Quadro 6).

Para cada indicador há três descritores que irão nortear no processo de aplicação da matriz no município. De acordo com os autores esses indicadores quando aplicados em um município de pequeno porte ou grande porte irão auxiliar no diagnóstico, avaliando o grau de sustentabilidade da gestão dos RSU. Com o uso adequado os administradores municipais poderão direcionar de forma precisa os investimentos públicos (DESSBESELL; BERTICELLI; ZAMBERLAN, 2018).

Quadro 6 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Dessbesell, Berticelli e Zamberlan (2018).

DIMENSÃO	INDICADOR	DESCRIÇÃO
Ambiental	Abrangência da coleta seletiva no município.	Todo município.
		Toda área urbana do município.
		Exclusivamente em alguns bairros da área urbana.
	Índice de recuperação de materiais reciclados.	Acima de 10,1%.
		Entre 5,1 e 10%.
		Até 5,0%.
	Grau de recuperação dos passivos ambientais.	(MD) Recuperação inexistente ou muito baixa dos RSU.
		(D) Recuperação baixa dos RSU.
		(F) Recuperação alta dos RSU.
	Previsão dos impactos socioambientais.	Quantidade de resíduos encaminhados para a disposição final.
Quantidade de resíduos coletados seletivamente		
Quantidade de RSU compostado.		
Quantidade de RSU reciclados.		
Indicador de Desempenho Ambiental (IDA).	Consumo de materiais e gestão de resíduos sólidos.	
Econômicos	Origem dos recursos para o GRS.	Existe taxa específica para o serviço de limpeza pública.
		Cobrança de taxa junto com o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU).
		Não existe cobrança de taxa deste serviço.
	Eficiência econômica da gestão.	Custo total do serviço de GRSU.
	Percentual autofinanciado do custo da coleta, transporte e disposição final no município.	90 a 100% financiada.
		Entre 40 e 90% financiada.
		< 40% financiada.
	Existência de informação sobre a GRSU sistematizadas e disponibilizadas para a população.	(MD) As informações sobre a GRSU não são sistematizadas.
(D) As informações sobre a GRSU são sistematizadas, porém não está acessível à população.		
(F) As informações sobre a GRSU são sistematizadas e divulgadas de forma proativa para a população.		
Sociais	Indicadores de organização de catadores/coleta.	Números de residências que aderem à coleta seletiva x 100.
		Número total de residências atendidas pela coleta seletiva.
		Tendência a sustentabilidade ALTA > 80%
		MÉDIA 40,1 – 79,9%.
		BAIXA < 40%.
	Grau de disponibilidade dos serviços públicos de RSU à população.	(MD) Baixa disponibilidade dos serviços públicos de RSU.
		(D) Média disponibilidade dos serviços públicos de RSU.
(F) Disponibilização plena dos serviços públicos de RSU.		

Continuação do Quadro 6 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Dessbesell, Berticelli e Zamberlan (2018).

DIMENSÃO	INDICADOR	DESCRIÇÃO
Sociais	Material informativo sobre o manejo dos RS.	Construído com a comunidade local.
		Construído pela equipe técnica.
		Não tem.
	Número de parceiros (Associações, universidades, setor privado, movimentos sociais).	Duas ou mais.
		Menos de duas.
		Não tem.
	Contribuição do desenvolvimento econômico.	Situação econômica do país e relevância do setor considerado para a economia.

Fonte: Adaptado de DESSBESELL, BERTICELLI e ZAMBERLAN, 2018.

Luchese e Guadagnin (2018) selecionaram 44 indicadores retirados da literatura e os dispuseram em cinco dimensões da sustentabilidade: dimensão político/institucional, dimensão operacional, dimensão econômica, dimensão ambiental e dimensão social/cultural (Quadro 7). Para cada indicador há três descritores com pesos que podem variar entre 0 e 5. Os indicadores foram aplicados no município de Orleans – SC, identificando um nível baixo de sustentabilidade na gestão dos RSU.

Quadro 7 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Luchese e Guadagnin (2018).

DIMENSÃO	INDICADOR	DESCRITO
Política/Institucional	Possui um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	Sim.
		Em processo de conclusão.
		Não possui.
	Participa de um consórcio intermunicipal.	Sim, abrange coleta convencional e seletiva.
		Sim, abrange apenas coleta convencional.
		Não prática.
	Grau de estruturação da gestão de RSU na administração pública municipal.	Setor específico para RSU estruturado.
		Setor específico não estruturado.
		Inexistência.
	Grau de capacitação dos funcionários atuantes na gestão de RSU.	Todos possuem capacitação específica.
		Parte dos funcionários.
		Nenhum.
	Integralidade dos serviços de saneamento básico.	Água, esgoto, resíduos sólidos, drenagem.
		Dois a três serviços de saneamento.
		Só abastecimento de água.

Continuação do Quadro 7 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Luchese e Guadagnin (2018).

DIMENSÃO	INDICADOR	DESCRITO
Política/Institucional	Grau de execução do Plano Municipal de RSU vigente.	Muitas metas atingidas.
		Poucas metas atingidas.
		Nenhuma meta atingida.
	Apresenta fiscalização dos serviços de limpeza pública.	Em todo o município.
		Apenas no centro da cidade sede.
		Não Possui.
	Existência de informações sobre a gestão de RSU sistematizados e disponibilizados para a população.	Sistematizadas e divulgadas para a população.
		Sistematizadas, mas não acessíveis.
		Não são sistematizadas.
Operacional – Coleta Convencional	Geração de RSU <i>per capita</i> (kg/hab.ano).	< 145.
		Entre 145 e 175.
		> 175.
	Área de abrangência do serviço de coleta.	Todo o município.
		Em toda a área urbana.
		Em parte da área urbana.
	Aterro sanitário/controlado licenciado.	Sim.
		Em processo de licenciamento.
		Não licenciado ou Lixão.
	Existência de aterro para resíduos inertes no município (construção e demolição).	Sim e com reaproveitamento.
		Sim e apenas para disposição.
		Não possui.
	Existência de lixeiras públicas.	Em toda área urbana.
		Somente no centro da cidade.
		Não possui.
	Capacitação contínua de agentes que atuam na área da limpeza pública.	Presença.
		Presença de forma esporádica.
		Ausência.
	Utiliza mão de obra local.	Em todas as fases do gerenciamento de RSU.
		Administração e coleta.
		Apenas na coleta.
	Manutenção dos equipamentos realizada localmente.	Em todas as fases da gestão.
		Apenas transporte.
		Manutenção externa.
	Veículo coletor específico e apropriado em termos de capacidade, para a geração local.	Sim (apenas para essa função).
		Sim (utilizado em outras funções).
		Ausência.

Continuação do Quadro 7 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Luchese e Guadagnin (2018).

DIMENSÃO	INDICADOR	DESCRITO
Operacional – Coleta Convencional	Existência de coleta seletiva no município.	Sim.
		Em fase de implantação.
		Não existe.
Operacional – Coleta Seletiva	Massa <i>per capita</i> anual coletada seletivamente (kg/hab.ano).	> 7 kg/hab.ano.
		Entre 6 e 7 kg/hab.ano.
		< 6 kg/hab.ano.
	Percentual de pessoas atendidas pela coleta seletiva.	> 80%.
		40% a 80%.
		<40%.
	Existência de pontos para entrega voluntária (PEV'S).	Atende mais de 50% da população.
		Atende menos de 50% da população.
		Não possui.
	Taxa de recuperação de materiais recicláveis em relação à quantidade total (QRSU+QRR) coletada.	>1,25%.
		1,12 a 1,20%.
		Até 1,00%.
	Participação de catadores nas ações de coleta seletiva no município.	Organizados em cooperativas/associações.
		Isolada.
		Outra (grupos sem associação).
	Inclusão de catadores avulsos.	80 a 100%.
		50,1 a 79,9%.
		< 50%.
	Existência de cooperativas ou associações no município ou consórcio.	No município e no consórcio intermunicipal.
		Em apenas um.
		Não existe.
	Renda média mensal nas cooperativas (valor médio pago aos catadores organizados em cooperativas).	Acima de 1 SM.
		Entre 0,5 e 1 SM.
		< 0,5 SM.
	Salubridade do local de trabalho dos catadores (EPI, banheiros, refeitório, armazenamento adequado do refugo e dos recicláveis, cobertura, piso impermeabilizado).	Contempla todos os itens.
		Somente EPI e banheiro.
		Ausência.
Econômica	Origem dos recursos para o gerenciamento de resíduos sólidos.	Taxa específica para o serviço de limpeza pública.
		Cobrança de taxa junto com o IPTU.
		Não existência de taxa.

Continuação do Quadro 7 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Luchese e Guadagnin (2018).

DIMENSÃO	INDICADOR	DESCRITO
Econômica	Comparação do custo da coleta regular em relação a taxa de cobrança arrecadada.	Menor que a taxa.
		Igual a taxa.
		Maior que a taxa.
	Custo da coleta seletiva em relação à coleta regular e disposição final adequada - %.	< 50%.
		50,1 a 199,9%.
		> 200%
	Aplicação dos recursos provenientes da coleta seletiva.	Na própria manutenção da coleta seletiva.
		Atividades socioculturais e assistenciais.
		Sem aplicação.
Ambiental/ Ecológica	Número de pontos de resíduos clandestinos/extensão total das vias em km.	Nenhum.
		0,1 a 0,4.
		>0,4.
	Grau de implementação das medidas previstas no licenciamento das atividades relacionadas aos RSU.	Licenciamento Ambiental realizado e medidas implantadas.
		L.A realizado sem implantação.
		Inexistência.
	Grau de recuperação dos passivos ambientais.	Todas as áreas degradadas recuperadas.
		Mapeadas, mas não recuperadas.
		Não mapeadas ou sem recuperação.
	Grau de recuperação dos RSU que estão sob responsabilidade do Poder Público.	Alta recuperação dos RSU.
		Baixa recuperação dos RSU.
		Muito baixa ou inexistente.
	Recuperação de resíduo orgânico.	Acima de 30%.
		Entre 5,1 e 30%.
		Até 5%.
	Eficiência da coleta convencional.	91 a 100%.
		31 a 90%.
		<30%.
	Eficiência da coleta seletiva.	91 a 100%.
		31 a 90%.
		<30%.
Sociocultural	Inclusão de ações de Educação Ambiental na implantação da coleta seletiva.	Durante o diagnóstico, concepção, implantação.
		Somente durante a fase de implantação.
		Nenhuma.

Continuação do Quadro 7 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Luchese e Guadagnin (2018).

DIMENSÃO	INDICADOR	DESCRITO
	Realização de Avaliação da Gestão dos RSU de forma participativa.	Realizada anualmente.
		Realizada de forma esporádica.
		Não há.
	Realização de eventos municipais com a temática ambiental.	Eventos anuais.
		Esporadicamente.
		Ausência de Eventos.
	Material informativo sobre o manejo dos resíduos sólidos.	Construído com a comunidade local.
		Construído pela equipe técnica.
		Não tem.
	Satisfação da população em relação à coleta pública (periodicidade/frequência/horário).	> 70%.
		30 a 70%.
		< 30%.

Fonte: Adaptado de LUCHESE e GUADAGNIN, 2018.

Pereira, Curi e Curi (2018) selecionaram 42 indicadores retirados da literatura. Para os autores estes indicadores poderão ser aplicados no município com a finalidade de medir o nível de sustentabilidade na gestão dos RSU. Os indicadores estão apresentados no quadro 8.

Quadro 8 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Pereira, Curi e Curi (2018).

CATEGORIA	INDICADOR	DESCRIÇÃO	FORMA DE CALCULAR
1. Geração de RSU.	(1) Quantidade de RSU <i>per capita</i> .	Quantidade diária de resíduos gerados pela população urbana.	Quantidade diária de resíduos gerados $\times$ 1.000 / população urbana.
2. Coleta seletiva e triagem.	(2) Quantidade de material coletado seletivamente (<i>per capita</i>).	Quantidade de RSU passível de reaproveitamento, recuperação e/ou reciclagem.	Quantidade diária de resíduos coletados seletivamente em kg / população urbana atendida.
	(3) População atendida com os serviços de coleta seletiva (cobertura <i>per capita</i>).	Número total da população atendida pelo serviço.	Porcentagem da população urbana atendida ou % da área.
	(4) Existência de centros de triagem e compostagem.	Existência de locais destinados para separação dos resíduos secos (recicláveis) e molhados (matéria orgânica).	Gestor municipal.
	(5) Taxa de aproveitamento de matéria orgânica em Composto orgânico.	Taxa de aproveitamento da matéria orgânica gerada pela população urbana.	Matéria orgânica encaminhada para compostagem / quantidade de matéria orgânica gerada.

Continuação do Quadro 8 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Pereira, Curi e Curi (2018).

CATEGORIA	INDICADOR	DESCRIÇÃO	FORMA DE CALCULAR
3. Formas de Disposição final dos RSU coletados.	(6) Disposição final.	O aterro sanitário representa a alternativa mais adequada para a disposição final correta dos resíduos, enquanto o lixão é a forma mais degradante de disposição dos RSU. O aterro controlado é considerado como uma forma intermediária.	Tendo uma única forma de disposição dos RSU, em caso de mais de uma alternativa, é calculada a % da área atendida para esse tipo de disposição.
	(7) Recuperação das áreas de lixões.	Recuperação das áreas de antigos lixões existentes no município.	Informações disponibilizadas pelo gestor municipal.
4. Dados demográficos.	(8) Fração da população Municipal atendida com coleta de resíduos.	Porcentagem da população municipal atendida pela coleta de resíduos.	População atendida / população total do município.
	(9) Taxa de urbanização da população atendida pela coleta de resíduos.	População urbana atendida pelo serviço de coleta de resíduos.	População urbana atendida / população urbana total do município $\times 100$.
5. Saúde pública.	(10) Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado/aos resíduos.	Internações por doenças relacionadas ao saneamento Ambiental inadequado/ resíduos.	Número de internações hospitalares por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado $\times 100$ / população total do município.
6. Inclusão social de catadores de material recicláveis.	(11) Existência de catadores no lixão.	Existência de catadores no ambiente do lixão municipal, assim como a quantidade de pessoas que realizam a atividade de catação dos recicláveis.	Dados informados pelo gestor municipal ou setor responsável pelo cadastramento e monitoramento da presença dos catadores na área do lixão municipal ou observação <i>in loco</i> .
	(12) Existência de catadores nas ruas.	Existência de catadores nas ruas da cidade, assim como a quantidade de pessoas que realizam a atividade de catação dos recicláveis.	Dados informados pelo gestor municipal ou setor responsável, podendo ainda ser mensurados indiretamente com a observação de catadores nas ruas.
	(13) Existência de cursos de capacitação para os catadores.	Participação e aceitação dos catadores nos cursos de capacitação disponibilizados.	Dados informados pelo gestor municipal ou setor responsável.

Continuação do Quadro 8 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Pereira, Curi e Curi (2018).

CATEGORIA	INDICADOR	DESCRIÇÃO	FORMA DE CALCULAR
7. Sistema de coleta e transporte dos RSU.	(14) Existência de cooperativas e associações de catadores.	Verificação da aceitabilidade da categoria do processo organizativo e sua efetiva participação.	Dados informados pelo gestor municipal ou setor responsável / número total de catadores.
	(15) Parceria do poder público e catadores na separação dos resíduos com a existência de um cadastro de catadores.	Investimentos do poder público relacionados à atividade de catação dos recicláveis.	Dados informados pelo gestor municipal ou setor responsável.
	(16) Taxa de cobertura do serviço de coleta de RSU no município (1).	Parcela da população atendida pelos serviços de coleta dos RSU.	Razão entre a população atendida com coleta convencional sobre população urbana $\times 100$.
	(17) Frequência da coleta de RSU no município (2).	Intervalo de tempo em que a coleta de RSU é realizada.	Média ponderada: somatório da área atendida $\times$ frequência / somatório da área total.
	(18) Quantidade de transportes utilizados na coleta dos RSU (<i>per capita</i>).	Número de transportes disponíveis para o serviço de coleta dos RSU.	Informações disponibilizadas pelo gestor ou responsável pelo setor de limpeza urbana.
	(19) Adequação dos transportes utilizados na coleta dos RSU à NBR13.221/2003.	Verificação dos transportes utilizados quanto às normas específicas para esse fim.	Observações <i>in loco</i> nos municípios, levando em Consideração os veículos disponibilizados para o transporte dos RSU e a NBR 13.221/2003.
8. Infraestrutura e operação do aterro sanitário.	(20) Licenciamento ambiental.	Aprovação ou não da obra por um órgão regulador do meio ambiente.	Informações disponibilizadas pelo setor Responsável / consulta ao órgão regulador (SUDEMA).
	(21) Local e condições do aterro.	Condições do local em que os resíduos estão sendo dispostos.	Informações disponibilizadas pelo setor responsável, observações <i>in loco</i> , tomando por base a NBR 8419 (ABNT, 1992).

Continuação do Quadro 8 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Pereira, Curi e Curi (2018).

CATEGORIA	INDICADOR	DESCRIÇÃO	FORMA DE CALCULAR
8. Infraestrutura e operação do aterro sanitário	(22) Infraestrutura implantada no aterro.	Funcionamento do aterro conforme as normas existentes para esse tipo de obra.	Informações disponibilizadas pelo setor responsável, observações <i>in loco</i> , tomando por base a NBR 8419 (ABNT, 1992).
	(23) Condições operacionais do aterro.	Condições necessárias do local para funcionamento.	Informações disponibilizadas pelo setor responsável, observações <i>in loco</i> , tomando por base a NBR 8419 (ABNT, 1992).
9. Execução da gestão de RSU.	(24) Existência de ações Fiscalizatórias relacionadas à gestão dos RSU promovidas pelo poder público municipal.	Existência de fiscalização das ações relacionadas à gestão dos RSU.	Informações disponibilizadas pelo setor responsável pela gestão dos RSU.
	(25) Existência do Plano Municipal de RSU.	Normas e diretrizes referentes à gestão dos RSU, levando em consideração as especificidades locais, sendo este item obrigatório para todos os municípios, conforme a Lei N° 12.305/2010.	Informações disponibilizadas pelo gestor municipal ou pelo setor responsável pela gestão dos RSU.
	(26) Existência de uma Legislação específica para a gestão dos RSU no município.	Existência de leis específicas para as especificidades e demandas locais.	Informações disponibilizados pelo gestor municipal ou setor responsável pela gestão dos RSU.
10. Controle de Pessoal.	(27) Rentabilidade dos recursos humanos.	Eficiência de coleta por Funcionário (público e terceirizado) envolvido com o serviço de coleta e limpeza urbana do município, buscando demonstrar a eficiência do setor.	Quantidade de resíduos coletados diariamente / número de funcionários envolvidos no setor.
	(28) Capacitação de funcionários.	Existência de cursos de capacitação para os funcionários envolvidos (direta ou indiretamente) com os serviços de coleta e limpeza urbana.	Informações disponibilizadas pelo gestor municipal ou setor responsável pela gestão dos RSU.
	(29) Utilização de EPIs.	Existência e utilização de EPIs por parte dos funcionários responsáveis pelos serviços de coleta e limpeza urbana.	Informações disponibilizadas pelo setor responsável e de observações <i>in loco</i> , sendo esse item avaliado em três níveis (total, parcial e sem uso).

Continuação do Quadro 8 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Pereira, Curi e Curi (2018).

CATEGORIA	INDICADOR	DESCRIÇÃO	FORMA DE CALCULAR
11. Democratização e acesso das informações relacionadas à gestão dos RSU.	(30) Existência de informações sobre a gestão dos RSU sistematizadas e Disponibilizadas para a população em meio digital.	Existência de algum canal em meio digital para a disponibilização das ações referentes à gestão dos RSU por parte da prefeitura e a consequente divulgação para o conhecimento da população.	Informações Disponibilizadas pelo gestor municipal ou pelo setor responsável pela gestão dos RSU e observação nos <i>sites</i> das prefeituras.
	(31) Existência de um canal de reclamações.	Existência de um canal para reclamações da população no que se refere à gestão dos RSU.	Informações Disponibilizadas pelos gestores.
	(32) Qualidade dos serviços.	Número de reclamações sobre o serviço por parte da população atendida.	Informações disponibilizadas pelos gestores.
	(33) Solicitações de serviço atendidas (eficiência).	Resolução das solicitações realizadas pela população.	Razão entre o número de Solicitações atendidas e número de ocorrência observadas $\times 100$.
12. Programas de Educação Ambiental.	(34) Educação ambiental nas escolas.	Número de escolas que Possuem um PGIRS e Desenvolvem ações de coleta seletiva.	Informações Disponibilizadas pelos gestores.
	(35) Sensibilização ambiental.	Desenvolvimento de campanhas em prol do meio ambiente, assim como a frequência com que acontecem.	Informações Disponibilizadas pelos gestores.
13. Custos.	(36) Eficiência Financeira.	Custos do município com o pagamento dos funcionários encarregados pelo serviço de coleta, limpeza urbana e gestão dos RSU (públicos e terceirizados).	Razão entre o valor pago ao pessoal encarregado pela gestão de resíduos / população urbana.
	(37) Transporte de coleta seletiva e/ou coleta convencional.	Gastos municipais com transportes para o serviço de coleta dos RSU.	Razão entre os custos com o transporte da coleta / quantidade de resíduos coletada.
	(38) Disposição final (aterro sanitário).	Valor pago pelo município para a disposição final dos RSU em aterros (sanitários ou controlados).	Razão entre o valor pago para dispor os resíduos / quantidade de resíduos coletada.
	(39) Recuperação de área degradadas com RSU.	Montante destinado para Recuperação ambiental decorrente dos RSU.	Razão entre o valor destinado para recuperação de áreas degradadas / quantidade de resíduos coletada.

Continuação do Quadro 8 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Pereira, Curi e Curi (2018).

CATEGORIA	INDICADOR	DESCRIÇÃO	FORMA DE CALCULAR
14. Arrecadação.	(40) Cobrança dos usuários pelo serviço de coleta e limpeza urbana.	Forma pela qual o município arrecada verbas para o financiamento das ações referentes à coleta e limpeza urbana.	Informações disponibilizadas pelos gestores.
	(41) FPM.	Valor oriundo do FPM destinado para o setor de limpeza urbana, incluindo a gestão dos RSU.	Razão entre o valor total do FPM e o número total de habitantes do município.
	(42) Revenda dos materiais recicláveis e do composto orgânico.	Valores arrecadados pelos municípios que realizam algum tipo de beneficiamento dos RSU, a exemplo da reciclagem e compostagem.	Razão entre o valor total da revenda do material / quantidade de quilos.

Fonte: Adaptado de PEREIRA, CURI E CURI, 2018.

Silva, Prietto e Korf (2019) selecionaram 49 indicadores distribuídos nas dimensões: Ambiental, Econômica e Social (Quadro 9). Dos 49 indicadores selecionados, somente 11 foram possíveis quantificar devido à falta de informações disponibilizadas pelo poder público.

Quadro 9 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Silva, Prietto, Korf (2019).

DIMENSÃO	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	DESCRIÇÃO
Ambiental	1) Geração de resíduos sólidos per capita.	Quantidade anual média de resíduos urbanos gerados / População total kg / habitar.
	2) geração de resíduos por composição (frações): orgânico, papel, plástico, metais.	Quantidade de componentes específicos de RSU (vidro, metal, materiais orgânicos, papel, plástico etc.) / quantidade total de RSU x 100.
	3) geração de resíduos urbanos per capita.	Quantidade de lixo doméstico municipal gerado / população total x 100.
	4) Cobertura de coleta dos resíduos sólidos urbanos.	Número de pessoas (dentro da cidade) com coleta regular (hab.) / População da cidade x 100.
	5) Coleta per capita de resíduo sólido urbano.	Quantidade de lixo coletado / população da cidade x 100.
	6) percentagem de frota de veículos que utiliza qualquer combustível renovável.	Número de veículos na frota que utilizam combustível de fontes renováveis / Número total de veículos na frota x 100.
	7) Grau de segregação (coleta) (orgânico, papel, plástico, metais etc.).	Quantidade de matéria-prima separada / Quantidade total de resíduos coletados x 100.
	8) conclusão dos catadores no sistema de coleta seletiva (planejamento e implementação).	Número de coletores incluídos no sistema de coleta seletiva / Número total de coletores x 100

Continuação do Quadro 9 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Silva, Prietto, Korf (2019).

DIMENSÃO	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	DESCRIÇÃO
Ambiental	9) excesso de coleta seletiva de porta em porta em relação à população urbana.	População urbana atendida por coleta seletiva de porta em porta / Total população urbana x 100.
	10) Grau de não conformidade com o marco regulatório ambiental.	Número de notificações de não conformidade com normas ambientais legislação (ar, água e solo) detectada / Número de inspeções realizada na coleta e transporte de resíduos x 100.
	11) Utilização da água.	Volume total de água usada para limpar contêineres, transporte e
		instalações de resíduos / quantidade de resíduos coletados.
	12) Uso da terra.	Área aproximada utilizada por contêineres e instalações / Quantidade de lixo coletado.
	13) Taxa de material coletado por coleta seletiva.	Quantidade de materiais coletados por coleta seletiva (exceto
		material orgânico) / Quantidade total coletada de resíduos sólidos domésticos (DSW) x 100.
	14) Eliminação de resíduos em aterros sanitários e controlados.	Quantidade de resíduos depositados em aterros / Quantidade gerada desperdício x 100.
	15) Grau de conformidade com a norma reguladora ambiental.	Número de avisos de não conformidade com leis ambientais legislação (ar, água e solo) detectada / Número de inspeções realizada em instalações de eliminação de resíduos x 100.
	16) Utilização de água.	Volume total de água utilizada em instalações de eliminação de resíduos / Quantidade de resíduos que entram nas instalações.
	17) Uso do solo.	Área aproximada utilizada pelas instalações de disposição / Quantidade de resíduos entrando nas instalações.
	18) Geração de energia.	Quantidade de energia elétrica ou térmica gerada no biogás estação de tratamento / Quantidade de resíduos que entram na instalação de disposição.
	19) Taxa de reciclagem de resíduos sólidos.	Quantidade de resíduos reciclados / Quantidade de resíduos gerados x 100.
	20) Grau de não conformidade com o marco regulatório ambiental.	Número de avisos de não conformidade com leis ambientais legislação (ar, água e solo) detectada / Número de inspeções realizada na valorização e reciclagem de resíduos x 100.
	21) Uso da água.	Volume total de água usada na recuperação e reciclagem de resíduos instalações / Quantidade de resíduos que entram nas instalações.
	22) Uso do solo.	Área aproximada utilizada pelas instalações de recuperação e reciclagem / Montante de resíduos que entram nas instalações.

Continuação do Quadro 9 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Silva, Prietto, Korf (2019).

DIMENSÃO	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	DESCRIÇÃO
Ambiental	23) uso de energia.	Quantidade de combustível usado em instalações de recuperação e reciclagem / Quantidade de resíduos que entram nas instalações de valorização e reciclagem de resíduos.
	24) Quantidade de resíduos sólidos urbanos per capita.	Quantidade de RSU processados por dia / Quantidade total de população.
	25) capacidade instalada total para produção de energia a partir de fontes renováveis.	Quantidade de eletricidade proveniente de fontes renováveis.
	26) Capacidade total de recuperação de material per capita (eliminação ou redução de contaminantes).	Quantidade de materiais recuperados / Quantidade total de população da cidade.
	27) quantidade total de RSU processados em um material recuperado per capita.	Número de materiais processados em MRF / Quantidade total de população da cidade.
	28) Porcentagem do total de RSU coletados tratados em instalações de compostagem por ano.	Quantidade total de RSU tratados nas instalações anuais de compostagem / Total RSU coletados por ano x 100.
	29) Quantidade de resíduos gerados nas instalações de compostagem per capita.	Quantidade de resíduos gerados em instalações de compostagem por ano / Total população.
	30) Quantidade de fertilizante per capita vendido (composto).	Quantidade de fertilizantes (resultantes da compostagem) vendidos / Total população.
	31) capacidade total de instalações de compostagem per capita.	Quantidade total de capacidade de processamento de RSU nas instalações de compostagem / População total.
	32) Percentagem de resíduos energeticamente recuperados.	Quantidade total de resíduos que entram nas instalações de recuperação de energia / Total quantidade de resíduos gerados nas instalações x 100.
	33) Grau de não conformidade com o marco regulatório ambiental.	Número de notificações de não conformidade com normas ambientais legislação (ar, água e solo) / Número de inspeções realizadas em instalações de recuperação de energia residual x 100.
	34) Uso da energia.	Quantidade de energia (combustível) usada em instalações de recuperação de energia / Quantidade de resíduos que entram nas instalações de recuperação de energia.
	35) Uso da água.	Volume total de água utilizada em instalações de recuperação de energia residual / Quantidade de resíduos que entram nas instalações.
	36) uso do solo.	Área aproximada utilizada pelas instalações de recuperação de energia / Quantidade de resíduos que entram nas instalações.
	37) Geração de energia.	Quantidade de energia elétrica ou térmica gerada na energia instalações de recuperação / Quantidade de resíduos que entram na recuperação de energia instalações.

Continuação do Quadro 9 - Indicadores de sustentabilidade propostos por Silva, Prietto, Korf (2019).

DIMENSÃO	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	DESCRIÇÃO
Econômico	38) Grau de autofinanciamento da gestão dos resíduos sólidos (sustentabilidade financeira).	Receita arrecadada com a gestão de RSU / Total municipal despesas com gestão de RSU x 100.
	39) Eficiência na coleta dos resíduos sólidos urbanos.	Receitas correntes cobradas por ano / Receitas operacionais totais coletados por ano x 100.
	40) Despesas de gestão de resíduos per capita.	Despesas com gestão de RSU / População total local.
	41) Custo total da coleta de resíduos.	Custo total de operação e manutenção envolvido na coleta e transporte de resíduos / população atendida.
	42) Custo total da disposição do aterro.	Custo total de operação e manutenção envolvido em resíduos instalações de descarte / população atendida.
	43) Custo total de reciclagem.	Custo total de operação e manutenção envolvido em resíduos instalações de recuperação e reciclagem / População atendida.
	44) Custo total de recuperação de energia.	Custo total de operação e manutenção envolvido no desperdício de energia instalações de recuperação / população atendida.
	45) Vendas de fertilizantes.	Quantidade de fertilizante vendido / Quantidade de fertilizante produzido (composto) x 100.
	46) Receitas arrecadadas com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gestão de RSU.	Receita arrecadada com os serviços anuais de gestão de RSU / Total população urbana.
Social	47) Realização de eventos municipais com temas ambientais.	Número de eventos de conscientização ambiental por ano.
	48) Cobertura populacional.	$P \text{ [Número de campanhas (1-k) x Cobertura populacional (1-k)]} / \text{Total número de campanhas} \times 100.$
	49) Capacidade de responder a reclamações de consumidores.	$\text{Número total de reclamações de MSWM resolvidas em 24 h} / \text{Número total de Reclamações de MSWM recebidas em 24 h} \times 100.$

Fonte: Adaptado de SILVA, PRIETTO, KORF, 2019.

Todos os indicadores levantados na revisão da literatura foram listados no apêndice I totalizando 93 indicadores de sustentabilidade, já excluídos os que se repetiram.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho caracteriza-se como pesquisa aplicada, pois direciona-se às problemáticas do sistema de gestão de RSU dos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda, ambas no estado do Rio de Janeiro. Além disso, a abordagem da pesquisa possui características quali-quantitativas, pois consideram indicadores de sustentabilidade que possuem essas premissas. A pesquisa qualitativa é descritiva e considera relações entre o mundo e o sujeito enquanto a quantitativa caracteriza-se, principalmente, por aquilo que pode ser quantificável (KAUARK et al., 2010). Segundo Nascimento (2003), as pesquisas quantitativas devem considerar estabelecer padronização e sistematização de procedimentos ou normas a serem aplicadas.

Quanto aos objetivos, o trabalho é exploratório já que objetiva identificar os problemas em relação a sustentabilidade no sistema de gestão de RSU dos municípios já mencionados (GIL, 2002). O trabalho iniciou-se com o levantamento bibliográfico, onde foram contempladas três fases, sendo estas:

- i) Caracterização das áreas de estudo;
- ii) Classificação e análise dos Indicadores de sustentabilidade para gestão de resíduos sólidos aplicados à Volta Redonda e Barra Mansa-RJ;
- iii) Proposta de melhorias nos sistemas de gestão de RSU.

4.1 SELEÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA RSU

Os indicadores em estudo foram selecionados através de pesquisas bibliográficas em artigos científicos de periódicos, extraídos da base de dados *Science Direct*, Periódicos Capes e Leis específicas como a PNRS e Política Nacional de Saneamento Básico.

Através da literatura foram levantados 227 indicadores de sustentabilidade de RSU. Tratando-se de uma lista com um número significativo de indicadores foi verificado que alguns indicadores se repetem entre diferentes literaturas, nesse sentido, realizou-se uma análise preliminar sob o objetivo de eliminar aqueles repetidos mencionados em outros artigos, dessa forma o número de indicadores foi reduzido para 93, conforme apêndice I.

4.1.1 Técnica Delphi

A seleção dos indicadores foi realizada por meio da técnica Delphi, que é uma técnica composta por especialistas que respondem a um questionário até um nível de consenso

que remete em uma confiabilidade. Desenvolvida por órgãos associados à Defesa Estadunidense no início da década de 1950, em plena Guerra Fria, o método teve como objetivo obter um consenso confiável de um grupo de militares especialistas em defesa sobre possíveis ataques com bombas atômicas (ROZADOS, 2015; MARQUES e FREITAS 2018).

Realizada a partir da aplicação de um questionário aos especialistas por diversas vezes, a cada nova rodada as respostas dadas anteriormente são apresentadas aos peritos para que eles estejam cientes sobre suas respostas anteriores, assim podem reavaliar suas respostas e este processo se repete até que o nível de discordância seja reduzido a um nível considerado satisfatório pelo mediador (ROZADOS, 2015).

A seleção dos especialistas que compõe a pesquisa é constituída por acadêmicos e profissionais que possuem conhecimentos na área de RSU (Quadro 10), o contato com eles foi realizado por *e-mail*. Inicialmente foram selecionados 15 especialistas, entretanto somente 8 realizaram a devolutiva do questionário. Vale ressaltar que o quadro de especialistas selecionados para esta pesquisa tem familiaridades com os municípios em estudo.

Quadro 10 - Quadro de especialistas participantes na pesquisa e a justificativa para sua participação no estudo.

ESPECIALISTA/FUNÇÃO	JUSTIFICATIVA	TEMPO DE EXPERIÊNCIA
Engenheiro (a) Químico (a)/ Mestre (a) em Planejamento Energético/Sócio (a) Proprietário (a) empresa de Consultoria Ambiental/ Docente do Ensino Superior	Possui mestrado em Planejamento Energético e com amplo conhecimento sobre gestão de resíduos sólidos.	Superior a 30 anos.
Gestor (a) serviços urbanos municipal	Possui experiência nos serviços de gestão de resíduos sólidos urbanos.	Superior a 8 anos.
Gerente de coleta de resíduos sólidos urbanos municipal	Possui experiência nos serviços de gestão de resíduos sólidos urbanos.	Superior a 8 anos.
Bacharel em Ciências Biológicas / Mestre (a) em Ciências Ambientais / Proprietário (a) de uma unidade de compostagem de resíduos orgânicos e Docente do Ensino Superior	Possui Doutorado em Engenharia Civil com área de concentração em Gestão de Resíduos Sólidos. Ministra aulas sobre o tema.	Superior a 20 anos.
Bacharel em Direito / Mestre (a) Geografia com área de concentração em Planejamento e Gestão Ambiental e Docente do Ensino Superior	Possui Doutorado em Ciências Ambientais. Ministra aulas sobre gestão de resíduos sólidos e participou de publicações sobre o tema.	Superior a 20 anos.
Engenheiro (a) Ambiental / Mestre (a) em Engenharia Ambiental / Docente do Ensino Superior/ Proprietário (a) de empresa de consultoria ambiental trabalhou no setor público ambiental	Cursando Doutorado em Tecnologia de Processo Químicos e Bioquímicos. Atuou em órgão ambiental municipal no gerenciamento de resíduos e ministra aulas em universidade sobre o tema.	Superior a 12 anos.

Continuação do Quadro 10 - Quadro de especialistas participantes na pesquisa e a justificativa para sua participação no estudo.

ESPECIALISTA/FUNÇÃO	JUSTIFICATIVA	TEMPO DE EXPERIÊNCIA
Engenheiro (a) Ambiental/ Sócio Proprietário (a) de uma empresa da gestão de resíduos sólidos.	Possui experiência na gestão como coleta, controle e disposição de resíduos sólidos dos tipos classe I e II.	Superior a 12 anos.
Engenheiro (a) Químico (a) / Mestre (a) em Química/ Docente do Ensino Superior	Doutorado em Engenharia Civil com ênfase em Meio Ambiente, ministra aulas em universidade sobre gestão de resíduos e outras áreas ambientais.	Superior a 25 anos

Fonte: Elaborado pelo autor.

A matriz com os 93 indicadores foi enviada aos especialistas selecionados, que, por sua vez, analisaram cada indicador e os enquadraram conforme seu grau de importância que variou entre: grande importância, média importância e pouca importância e a sua dimensão que poderia ser: Ambiental/Ecológica, Política, Tecnológica, Econômica/Financeira, Conhecimento e Social. Santiago e Dias (2012) e Luchese e Guadagnin, (2018) também utilizaram a técnica Delphi com o propósito de selecionar os indicadores mais relevantes para aplicação no município.

Foram realizadas duas rodadas de respostas para se obter um consenso dos especialistas. Destacaram-se os indicadores que se enquadraram no grau de grande importância, ter sido enquadrado pelo menos uma vez em todas as dimensões e que foram referenciados por mais de um autor.

Após a aplicação da técnica Delphi foram obtidos 17 indicadores, número superior aos propostos por Milanez (2002), Polaz e Teixeira (2009) e Fratta (2018), que trabalharam, respectivamente com 11, 15 e 10 indicadores de sustentabilidade. Assim como esses últimos autores a matriz construída nesse trabalho foi aplicada a dois municípios específicos, uma vez que o grupo de especialistas possuem familiaridade com a localidade.

A matriz com os 17 indicadores enquadrados pelos especialistas ficou composta por sete indicadores na dimensão Ambiental/Ecológica, quatro na dimensão Política, um na dimensão Tecnológica, um na dimensão Econômica/Financeira, um na dimensão do Conhecimento e três na dimensão Social.

4.1.2 Cálculo do nível de sustentabilidade

Para possibilitar mensuração do nível de sustentabilidade (NS) da gestão de RSU dos municípios foi utilizado o método aplicado por Luchese e Guadagnin (2018) e Santiago e

Dias (2012), onde para cada indicador há três descritores com seus respectivos pesos. Com este método é possível aplicar o formulário e obter por meio quantitativo o nível de sustentabilidade (Quadro 11).

Quadro 11 - Nível de Sustentabilidade (NS)

INTERVALO DE SUSTENTABILIDADE	NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE
0	Insustentável
$1,0 \leq NS \leq 4,9$	Baixa Sustentabilidade
$5,0 \leq NS \leq 8,9$	Média Sustentabilidade
$9,0 \leq NS \leq 10$	Alta Sustentabilidade

Fonte: Adaptado de SANTIAGO e DIAS, 2012 e LUCHESE e GUADAGNIN, 2018.

Para o cálculo do nível de sustentabilidade da gestão dos RSU, Santiago e Dias (2012) e Luchese e Guadagnin (2018) usam o somatório das notas obtidas na avaliação sobre o somatório da máxima pontuação obtida em cada uma das dimensões como explicitado na equação a seguir.

$$NS = \frac{\sum \text{das notas obtidas na avaliação}}{\sum \text{da máxima pontuação em cada dimensão}} \times 10$$

Para cada indicador de sustentabilidade há descritores que norteiam a sua aplicação e direcionamento da matriz ao município, conforme a metodologia aplicada por: Santiago e Dias (2012), Dessbesell, Berticelli e Zamberlan (2018), Luchese e Guadagnin (2018), Pereira, Curi e Curi (2018), Silva, Prietto e Korf (2019).

Para mensurar o NS dos municípios, cada indicador de sustentabilidade possui três descritores que podem ter notas entre 0 e 5, onde zero não está em conformidade com o indicador e o cinco que traduz que aquele indicador está sendo cumprido de forma satisfatória, essa técnica foi a mesma utilizada por Santiago e Dias (2012) e Luchese e Guadagnin (2018).

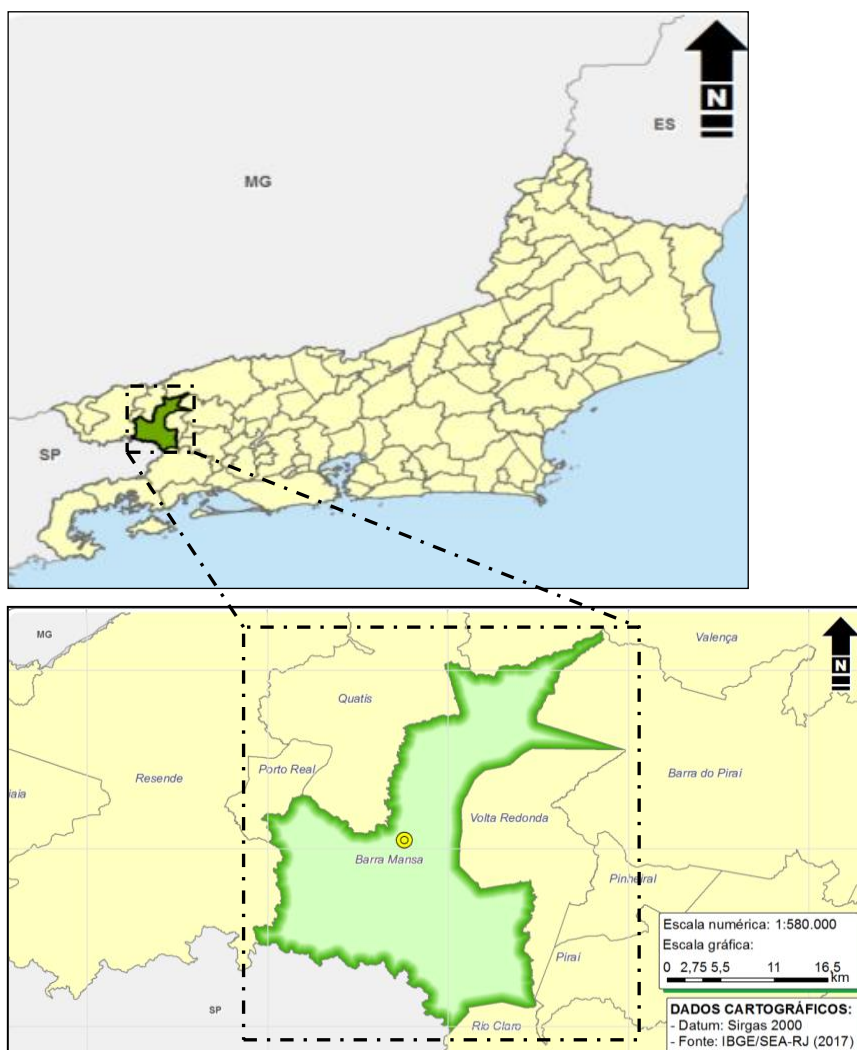
4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

As áreas em estudo foram denominadas Região Intermediária de Volta Redonda – Barra Mansa, sua caracterização foi realizada a partir de levantamentos bibliográficos através da base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Utilizou-se também a base de dados dos Planos Municipais de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PMGIRS) dos municípios de Volta Redonda e Barra Mansa.

4.2.1 Caracterização dos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda – Rio de Janeiro

Barra Mansa é um município brasileiro situado no sul do estado do Rio de Janeiro (Figura 10), na microrregião do Vale do Paraíba com uma área total de 547,133 km² e população estimada em 2020 de 184.833 habitantes.

Figura 10 – Localização do município de Barra Mansa.



Fonte: Adaptado do IBGE CIDADES, 2021.

Barra Mansa conta com alguns marcos na sua legislação para RSU (Figura 11), a Lei N° 3.276/02, que cria o Sistema de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Barra Mansa. A Lei N° 4.137/13 que dispõe sobre as diretrizes para a instituição do programa de Coleta Seletiva de Resíduos Eletrônicos e Tecnológicos. A Lei N° 4.178/13 que dispõe sobre o incentivo ao armazenamento, a coleta, a triagem, e a destinação dos lixos recicláveis produzidos pelas indústrias situadas no município de Barra Mansa e organizam o sistema de coleta seletiva de resíduos sólidos.

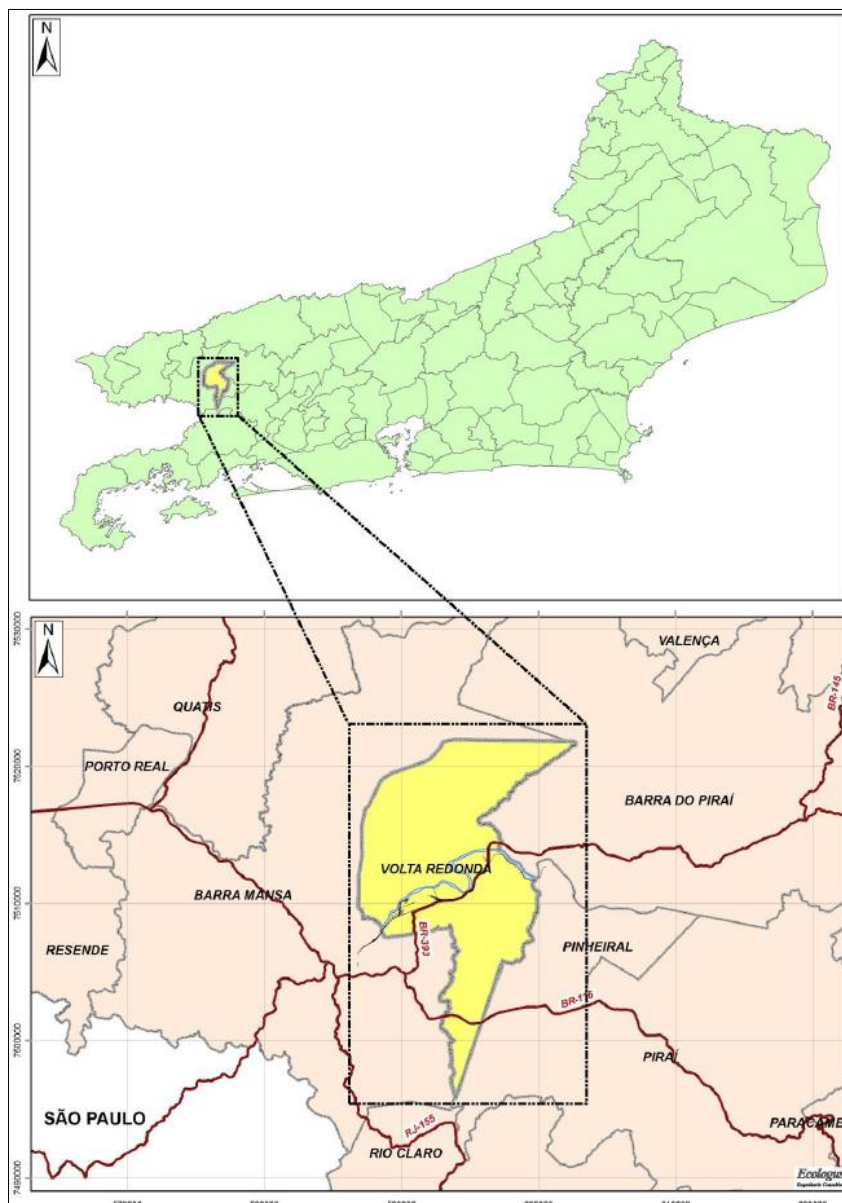
Figura 11 - Linha do tempo com as principais legislações sobre RSU no município de Barra Mansa.



Fonte: Adaptado do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Barra Mansa/2017, Lei Municipal N°4.178/2013, Lei Municipal N° 4.137/2013 e Lei Municipal N° 3.276/2002.

O município de Volta Redonda está situado no sul do estado do Rio de Janeiro (Figura 12), possui uma área total de 182,105 km² e população estimada em 2020 é de 273.998 de habitantes.

Figura 12 – Localização do município de Volta Redonda.



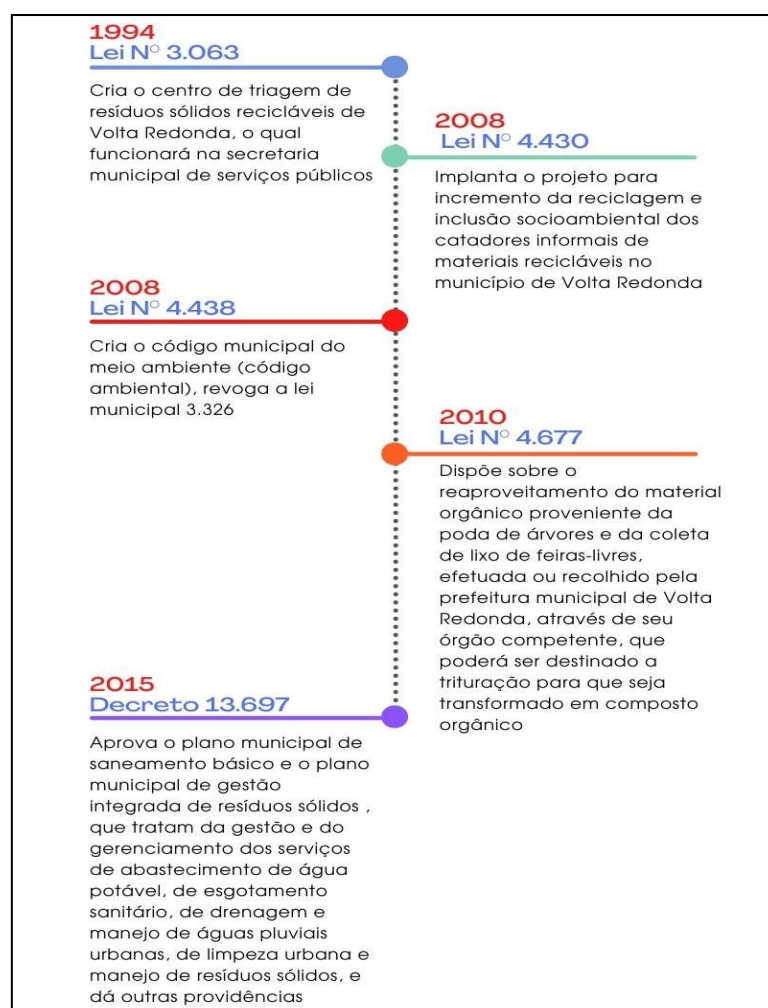
Fonte: Elaborado a partir IBGE CIDADES, 2021.

Sua atividade econômica é composta pelo setor secundário onde encontra-se a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) que é a maior siderúrgica da América Latina e o setor terciário (IBGE CIDADES, 2021).

Volta Redonda possui também alguns marcos na sua legislação para RSU (Figura 13) como a Lei N° 3.064/94 que cria o centro de triagem de resíduos sólidos recicláveis de Volta Redonda. A Lei N° 4.430/08 que implanta o projeto para incremento da reciclagem e inclusão socioambiental dos catadores informais de materiais recicláveis no município. A Lei N°

4.438/08 que cria o código do meio ambiente (código ambiental), revoga a Lei municipal N° 3.326. A Lei N° 4.677/10 que dispõe sobre o reaproveitamento do material orgânico proveniente da poda de árvores e da coleta de lixo das feiras-livres, efetuada ou recolhido pela prefeitura, através de seu órgão competente, que poderá ser destinado a trituração para que seja transformado em composto orgânico. O Decreto 13.697/15 que aprova o plano municipal de saneamento básico e o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, que tratam da gestão e do gerenciamento dos serviços de abastecimento de água potável, de esgotamento sanitário, de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e dá outras providências.

Figura 13 - Linha do tempo com as principais legislações sobre RSU no município de Volta Redonda



Fonte: Adaptado do Decreto 13.697/2015, Lei Municipal N° 4.677/2010, Lei Municipal N° 4.438/2008, Lei Municipal N° 4.430/2008 e Lei Municipal N° 3.063/1994.

4.2.2 Relevância para a área de estudo

Dos 92 municípios do estado do RJ, Barra Mansa encontra-se na 19ª posição e Volta Redonda na 10ª posição como responsáveis pelo PIB fluminense, o que demonstra sua importância na contribuição do desenvolvimento econômico (IBGE CIDADES, 2021).

Como os dois municípios supracitados possuem um importante papel no desenvolvimento do estado ambos também são responsáveis pela considerável geração de RSU. De acordo com o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) de 2020, Volta Redonda é o 12º município que mais gera RSU e Barra Mansa o 20º (SNIS, 2021).

As cidades de Barra Mansa e Volta Redonda destinam seus RSU a um aterro sanitário da empresa Haztec, situado em Barra Mansa, com capacidade de receber 950 toneladas de resíduos por dia. O aterro sanitário conta com uma unidade para tratamento de resíduos de serviços de saúde, unidade de beneficiamento de resíduos da construção civil e uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) para tratamento dos efluentes líquidos gerados (HAZTEC, 2019).

A Tabela 2 apresenta a quantidade de RSU que a unidade de tratamento da Haztec – Barra Mansa recebeu dos dois municípios nos anos de 2016 até 2019.

Tabela 2 - RSU recebidos na unidade de tratamento da Haztec – Barra Mansa nos anos de 2016 a 2019.

Cidades	2016 (t/ano)	2017 (t/ano)	2018 (t/ano)	2019 (t/ano)
Barra Mansa	41.085,30	39.153,50	37.139,20	41.846,20
Volta Redonda	66.727,60	66.516,80	70.594,60	70.966,80

Fonte: SNIS, 2020.

Observa-se que o município de Barra Mansa teve um aumento de quase 1,86% na geração de RSU e Volta Redonda um aumento de quase 6,36% entre os anos de 2016 e 2019. Ressalta-se que os municípios foram escolhidos como área de estudo devido as suas importâncias na contribuição da economia do estado do Rio de Janeiro e pela sua geração dos RSU.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A matriz final que foi aplicada nos municípios em estudo está demonstrada no Quadro 12. Os indicadores estão enquadrados nas dimensões Ambiental, Político, Tecnológico, Financeiro, Conhecimento e Social. A matriz também contempla a nota associada para indicador aplicado nos municípios.

Quadro 12 - Matriz de indicadores aplicada nos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda.

DIMENSÃO SUSTENTABILIDADE	INDICADOR	DESCRIPTOR	NOTA	NOTA ASSOCIADA AO INDICADOR (BARRA MANSA)	NOTA ASSOCIADA AO INDICADOR (VOLTA REDONDA)
Ambiental	Possui um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	Sim	5	0	0
		Em processo de conclusão	3		
		Não possui	0		
	Existência de coleta seletiva no município	Sim	5	5	5
		Em fase de implantação	3		
		Não existe	0		
	Abrangência da coleta seletiva no município	91 a 100%	5	3	5
		31 a 90%	3		
		<30%	1		
	Existência de lixeiras públicas	Em toda área urbana	5	2	2
		Somente no centro da cidade	2		
		Não possui	0		
	Eficiência de coleta convencional	91 a 100%	5	5	5
		31 a 90%	3		
		<30%	0		
	Geração de RSU <i>per capita</i> (kg/hab.ano)	<300	5	5	5
		Entre 301 e 378	3		
		>379	1		
	Aterro sanitário / controlado licenciado	Sim	5	5	5
		Em processo de licenciamento	3		
		Não licenciado ou lixão	0		

Continuação do Quadro 12 - Matriz de indicadores aplicada nos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda.

DIMENSÃO SUSTENTABILIDADE	INDICADOR	DESCRIPTOR	NOTA	NOTA ASSOCIADA AO INDICADOR (BARRA MANSA)	NOTA ASSOCIADA AO INDICADOR (VOLTA REDONDA)
Político	Intersetorialidade	Mais de três secretarias	5	1	1
		Duas Secretarias	3		
		Somente uma secretaria	1		
	Grau de execução do Plano Municipal de RSU vigente	91 a 100%	5	1	1
		31 a 90%	3		
		<30%	1		
	Capacitação contínua de agentes que atuam na área da limpeza pública	Constante capacitação	5	0	0
		Capacitação de forma esporádica	3		
		Não possui	0		
	Existência de pontos para entrega voluntária dos resíduos segregados	Atende mais de 50% da população	5	0	0
		Atende menos de 50% da população	2		
		Não possui	0		
Tecnológico	Veículo coletor específico e apropriado em termos de capacidade, tratamento para as necessidades de geração local	Sim (utilizado somente para esta função)	5	5	5
		Sim (também utilizado em outras funções)	2		
		Não possui	0		
Financeiro	Aplicação dos recursos provenientes da coleta seletiva	Na própria manutenção da coleta seletiva	5	3	3
		Atividades socioculturais e assistências	3		
		Outras aplicações	1		

Continuação do Quadro 12 - Matriz de indicadores aplicada nos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda.

Volta Redonda.					
DIMENSÃO SUSTENTABILIDADE	INDICADOR	DESCRIPTOR	NOTA	NOTA ASSOCIADA AO INDICADOR (BARRA MANSA)	NOTA ASSOCIADA AO INDICADOR (VOLTA REDONDA)
Conhecimento	Inclusão de ações de Educação Ambiental	Durante o diagnóstico, concepção e implantação do PMGIRS	5	5	5
		Somente durante a fase de implantação PMGIRS	3		
		Não possui	0		
Social	Percentual de pessoas atendidas pela coleta seletiva	91 a 100%	5	3	5
		31 a 90%	3		
		<30%	0		
	Catadores organizados (cooperativas, associações)	Todos organizados	5	5	5
		Parte organizado	3		
		Presença de catadores na área de disposição final	0		
	Salubridade do local de trabalho dos catadores (EPI, banheiros, refeitório, armazenamento adequado do refugo e dos recicláveis, cobertura, piso impermeabilizado)	Contempla todos os itens	5	3	3
		Somente EPI e banheiro	3		
		Ausência	0		
NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE				6,0	6,5

Fonte: Elaborado pelo autor.

O município de Jaboticabal – São Paulo que foi estudado por Milanez (2002), Santo André, São Bernardo do Campo e São Caetano – São Paulo estudo por Fratta et al. (2018) e Nova Veneza - Santa Catarina estudado por Luchese e Guadagnin (2018), apresentaram baixa sustentabilidade na gestão dos RSU. Se comparado os resultados obtidos em Barra Mansa e Volta Redonda, nota-se que os municípios em estudo estão em um melhor nível, pois eles apresentaram média sustentabilidade na gestão dos RSU.

O Quadro 13 mostra o resultado dos cálculos do NS por dimensão da sustentabilidade. Observou-se que as dimensões tecnológicas e do conhecimento apresentaram alta sustentabilidade. As dimensões ambiental, financeira e social média sustentabilidade e a dimensão político baixa sustentabilidade.

Quadro 13 – Nível de sustentabilidade por dimensão dos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda.

DIMENSÃO	NS (BARRA MANSA)	DESCRIÇÃO	NS (VOLTA REDONDA)	DESCRIÇÃO
Ambiental	7,1	Média sustentabilidade	7,7	Média sustentabilidade
Político	1,0	Baixa sustentabilidade	1,0	Baixa sustentabilidade
Tecnológico	10	Alta sustentabilidade	10	Alta sustentabilidade
Financeiro	6,0	Média sustentabilidade	6,0	Média sustentabilidade
Conhecimento	10,0	Alta sustentabilidade	10,0	Alta sustentabilidade
Social	7,3	Média sustentabilidade	8,6	Média sustentabilidade

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas próximas seções os indicadores de sustentabilidade reportados no quadro 12 serão analisados mais detalhadamente a nível municipal e discutidos quanto sua importância para a sustentabilidade da gestão dos RSU.

5.1 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

5.1.1 Indicador “possui um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos”

Esse indicador está associado a PNRS, onde estabeleceram-se os princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a criação da gestão integrada e o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos. Ele definiu as responsabilidades do poder público e dos geradores. Os municípios são responsáveis por elaborar os PGIRS, os quais devem atender ao conteúdo mínimo definido nos incisos I a XIX do art. 19 da PNRS (BRASIL, 2010).

O conteúdo mínimo envolve os objetivos que devem ser alcançados na PNRS, sendo eles: não geração de resíduos, redução, minimização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Dessa forma, espera-se que os planos que

atendam às exigências mínimas tenham maior probabilidade de realizar a adequada gestão dos resíduos sólidos (CHAVES et.al; 2020).

Os municípios podem optar por consórcios intermunicipais para a gestão dos resíduos, desde que o plano intermunicipal preencha o conteúdo mínimo estabelecido (GALVÃO JUNIOR, 2016).

Barra Mansa possui um estudo do PMGIRS, elaborado pela Deméter Engenharia Ltda. Os estudos foram divididos em três etapas, que são: Legislação Preliminar de Barra Mansa, Caracterização Municipal e Prognóstico de Barra Mansa. Os estudos foram concluídos em agosto de 2018 (PMGIRS, 2018).

Em 2021, o município iniciou novos estudos do PMGIRS, denominada Prognóstico (produto 4), sendo conduzido pela empresa Líder Engenharia. No dia 10 de outubro de 2021, foi realizada uma oficina on-line, através da audiência pública para a apresentação e debate sobre o tema (BARRA MANSA, 2021b).

Barra Mansa mesmo possuindo um produto PMGIRS elaborado em 2018, não teve o referido documento aprovado. Não houve audiências públicas e uma aprovação junto a Câmara Municipal, caracterizando assim que o município não possui um plano válido aos olhos da legislação (SNIS, 2019).

Volta Redonda possui uma minuta do PGIRS que foi elaborada pela Ecologus Engenharia Consultiva Ltda concluída em setembro de 2015. Ele carece de aprovação junto à Câmara Municipal e com a participação da sociedade, empresas, Poder Público, Cooperativas de Catadores e demais interessados. Por possuir essas premissas citadas, considera-se que o município não possui o PMGIRS (GURGEL JÚNIOR, 2018; SNIS, 2019).

5.1.2 Indicador “existência de coleta seletiva no município”

A má gestão dos RSU pode ocasionar graves problemas ambientais e danos para a saúde da humanidade. A coleta seletiva está prevista no Art. 7º, inciso II da Lei Nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010).

A coleta seletiva e a reciclagem, proporcionam benefícios ambientais e socioeconômicos. Aumentada a coleta seletiva reduz-se os volumes de resíduos enviados para os aterros, elevando a vida útil deles, ocasionando a valoração e reinserção dos resíduos na cadeia produtiva, reduzindo a necessidade de utilização de recursos naturais (PASCHOALIN FILHO et al., 2014).

A coleta seletiva está implementada na cidade de Barra Mansa (BARRA MANSA, 2021a). A Cooperativa Mista dos Catadores de Materiais Recicláveis de Barra Mansa Ltda (COOPCAT), inscrita no CNPJ: 07.939.783/0001-12, atende o município de Barra Mansa de segunda a sexta feira, nos horários das 07h00 às 20h00.

A coleta seletiva está presente em Volta Redonda desde 2013, conforme o PMGIRS, 2015. Em março de 2020 o serviço foi interrompido devido a pandemia do COVID-19, mas em 10 de junho de 2021, celebrou-se um novo contrato com vigência de 12 meses. As cooperativas atuantes são:

- Cooperativa de trabalho Multif de Catadores Amigos do Meio Ambiente de Materiais Recicláveis do Município de VR RJ Folha Verde Ltda (Folha Verde), inscrita no CNPJ: 17.058.091/0001-19, contrato nº 066/2021 (VOLTA REDONDA, 2021b).
- Cooperativa Reciclar VR Cooperativa Popular dos Agentes do Meio Ambiente do Município de Volta Redonda Ltda (Reciclar VR), inscrita no CNPJ: 11.169.403/0001-85, contrato nº 065/2021 (VOLTA REDONDA, 2021b).
- Cooperativa de Trabalho dos Catadores de Materiais Recicláveis de Volta Redonda (Cidade do Aço), inscrita no CNPJ: 40.756.848/0001-60, contrato nº 067/2021, para a retomada dos serviços de recolhimento, transporte e destinação dos resíduos recicláveis (VOLTA REDONDA, 2021b).

5.1.3 Indicador “abrangência da coleta seletiva no município”

A abrangência da coleta seletiva está relacionada ao item 5.1.2 indicam que quanto maior o nível de coleta maior é a vida útil do aterro e mais renda chegam as famílias dos catadores (PASCHOALIN FILHO et. al; 2014).

Em Barra Mansa, a coleta seletiva tem a cobertura de 74 bairros dos 111 pertencentes ao município, ou seja, a abrangência de coleta é de 66% (BARRA MANSA, 2021a).

Em Volta Redonda, as cooperativas atuam no município em dois turnos de segunda a sexta feira e cobrem 100% da coleta seletiva nos bairros conforme informações da prefeitura (VOLTA REDONDA, 2021c).

5.1.4 Indicador “existência de lixeiras públicas”

Barra Mansa possui lixeiras públicas dispostas no centro da cidade. Em 2020 iniciou-se a troca das lixeiras feitas de plásticos por modeladas em concreto. A troca foi feita na Avenida Joaquim Leite, centro da cidade (BARRA MANSA, 2021d).

Volta Redonda possui maior concentração de lixeiras no centro da cidade. As lixeiras estão sendo revitalizadas e dispostas na Praça Savio Gama no Aterrado, Praça Brasil na Vila Santa Cecília e no bairro Roma (VOLTA REDONDA, 2021d).

5.1.5 Indicador “eficiência da coleta convencional”

Barra Mansa possui coletas três vezes por semana. O município é dividido em 17 setores (Quadro 14). Os setores 01, 02, 03, 04 e 12 são atendidos segunda, quarta e sexta-feira. Os que compreendem do 05 ao 11 e 13 (incluindo 9B, 10B e 11B) são atendidos terça, quinta e sábado, e o setor 14 somente aos domingos (BARRA MANSA, 2021e). A coleta é realizada no município na zona urbana, zona rural e distritos, e atende a todos municípios (SNIS, 2019).

Quadro 14 – Setores e logradouros de Barra Mansa.

SETOR	LOGRADOUROS E LOCALIDADES
01	Ary Parreiras, Vila Coringa, Jardim Central, Vila Brígida, km 4, Rua Ozório G. de Brito (vila nova), Água Comprida, Vila Nova.
02	Loteamento Sofia, Loteamento Chinês, Loteamento Aiuruoca, Belo Horizonte; Vista Alegre, São Vicente, Santa Maria II, Vila Ursulino.
03	São Domingos, Siderlândia/Canta Galo, Morada Verde; Rua José Gonçalves Rebollas, Santa Maria I, Condomínio Morada do Sol, Condomínio Morada da Colônia, Conj. Residencial Aymoré, Conj. Residencial Primavera, Conj. Residencial São Lucas; Colônia Stº Antônio/Perimetral, Conj. Residencial Novo Horizonte.
04	Vale do Paraíba, Getúlio Vargas, São Francisco, Santa Isabel; Rua Elias Geraldine, Parque Independência, Vila Orlandélia, Cristo Redentor, Rua15/ Orlando Brandão.
05	Vila Barbará/Sest Senat, Boa Sorte, São Luiz, Apóstolo Paulo; Loteamento Chinês (Piteiras), Piteiras, Jardim Alice, São Judas Tadeu, Boa Vista I, Sol da Dutra.
06	São Genaro, Intanha, Jardim Marilu, Santa Lúcia; Goiabal, Santa Clara, Jardim Marajuara, Loteamento Nova Esperança, Jardim Primavera, Roselândia I e II.
07	Margem da Dutra/Aspen/Ford, Santa Rita, Jardim Redentor, Jardim Guanabara; Assunção, Metalúrgico, Santa Inês, Minerlândia, Morada da Granja, São Sebastião/R. Santana P. Melo, Nove de Abril, Rua K1, Rua Jair Alves dos Santos.
08	Vila Elmira, Paraíso de Baixo, Paraíso de Cima, Boa Vista II e III; Rua José Ferreira de Matos, Mangueira, Jardim Ponte Alta, Cajueiro, Recanto do Sol.
09	SETOR 09, Várzea do Quartel, Verbo Divino, Rua São Sebastião; Rua José Alves Caldeira, Av. Coutinho, UBM, Rua José Hipólito (PM), Roberto Silveira, Rua Eduardo Junqueira.
9B	Morro do Cruzeiro, Loteamento Chácara.
10	Rua Major Luiz Alves (Boa Sorte), Rua Crispim José F. Neto, Rua Dr. Roberto Lang, Rua Dario Aragão*, Av. Joaquin Leite, Rodovia Sérgio Braga*, Av. Presidente Kennedy (ano bom).
10B	Av. Homero Leite, Rua General Barcelos, Av. Ministro Amaral Peixoto, Boa Vista (centro); Nossa Senhora de Fátima, São Silvestre.

Continuação do Quadro 14 – Setores e logradouros de Barra Mansa.

SETOR	LOGRADOUROS E LOCALIDADES
11	Rua Major José Bento, Rua Ozório Gomes de Brito, Rua Arthur Oscar, Rua São Pedro; Rua Tancredo Neves, Rua Cristiano R. Meirelles Filho, Rua Tenente José Eduardo, Ano Bom, Santa Rosa.
11B	Rua Antônio Graciano da Rocha.
12	Vila Maria, Saudade, Via Saturnino Braga, Margem da Dutra (M. Cristo/S. Luiz); Albo Chiesse, Ministro Amaral Peixoto, Saudade - Parte de cima, Bom Pastor.
13	Cotiara, Vila Independência, Jardim América, Rod. Saturnino Braga; São Pedro, Monte Cristo, Albo Chiesse (São João), Boa Sorte.
14	Av. Presidente Kennedy, Rua Abdo Felipe/ João Valiente, Rua Tenente José Eduardo; Centro, Rua Major Jose Bento, Rua Ozório Gomes de Brito, Rua Arthur Oscar, Rua José Melchiades, 45.

Fonte: Adaptado de (BARRA MANSA, 2021e)

O município de Volta Redonda é dividido em 39 (Quadro 15). As coletas são realizadas três vezes por semana, sendo em dois módulos de agrupamentos de coleta, primeiro: segunda, quarta e sexta-feira e o segundo: terça, quinta e sábado. Os setores 1 a 26 são atendidos no período diurno e os setores 27 a 39 no período noturno (VOLTA REDONDA, 2021a).

Quadro 15 – Setores e logradouros de Volta Redonda.

SETOR	BAIRROS E LOGRADOUROS
01	Eucaliptal; São Lucas; São Cristóvão.
02	Siderville; Ponte Alta (próximo ao supermercado Nagumo); Cajueiro; Jardim Europa; Morro da Viúva.
03	249; Jardim Ponte Alta; 208; São Carlos; Minerlândia.
04	Jd. Amália I e II; Morada da Colina; Mirante da Colina; Vale da Colina.
05	Água Limpa.
06	Roma I e II; Parque das Garças; Condado do Ipê; Rio das Flores; Pista da Av. Tancredo Neves.
07	Três Poços.
08	Nova Primavera; Santo Agostinho (parte – Porção); Santo Agostinho (parte – 10 ruas após o Viaduto); Santo Agostinho (parte – 10 ruas após UPA).
09	Morro da Paz (Santo Agostinho); Grota (Santo Agostinho); Vila Americana.
10	Ilha Parque; Parque das Ilhas; Ilha São João; Asa Negra; Beira-Rio (Volta Grande); Ruas da Feira – Santo Agostinho Brizolão (Santo Agostinho).
11	Morro da Harmonia; Parque São Jorge; Morro da Caviana; Morro da Conquista; Santo Agostinho (parte – Prox. a padaria Trevo da Sorte).
12	Santo Agostinho (parte – Prox. Ao mercado Três Irmãos); Morro do Jonas (Santo Agostinho); Ruas principais Santo Agostinho; Santo Agostinho (parte – 10 ruas após UPA) Obs1.: Parte da manhã este caminhão fará repasse nas ruas 12, 14, 16 e 33, na Praça Brasil, no Hortifruti – Bairro Vila Santa Cecília Supermercado Royal – Aterrado.
13	Água Limpa; Três Poços.
14	Pinto da Serra; Candelária; São Luiz; São Sebastião.
15	Santa Rita do Zarur; Santa Cruz (Exceção: Av. Ex-Combatentes e Av. Major Aníbal).
16	Jardim Cidade do Aço.
17	Açude I, II, III e IV.
18	Belo Horizonte; Mariana Torres; Vila Brasília.
19	Vila Dr. Arnaldo; Bom Jesus; Coqueiros; Baixada do Retiro (até subprefeitura).

Continuação do Quadro 15 – Setores e logradouros de Volta Redonda.

SETOR	BAIRROS E LOGRADOUROS
20	Fundação Beatriz Gama; Estrada da Mantiqueira (Retiro); Rua do Norte (Retiro); Final do Retiro (até supermercado Diga).
21	Padre Josimo; Divisa I e II; Siderlândia.
22	Belmonte.
23	Santa Rosa; Jardim Belmonte; Av. Combatentes; Av. Major Aníbal.
24	Dom Bosco; Caiera; Cailândia; Brasilândia; Buraco Quente.
25	Retiro (Prox. à Igreja São Sebastião); Retiro (Prox. Hospital do Retiro); Santa Rita de Cássia.
26	Rua N (Açude); Rua Paulo VI (Jd. Cidade do Aço); Rua Maria Cecília + 04 ruas próximas (Retiro); Morro da Vovó Rua Angola / Rua Ipanema; Morro do Cruzeiro; Rua 06; Rua Mutirão / Rua A (Sto. Agostinho); Morro do Urubu (Sta. Cruz); Rua da Torre (Mariana Torres); Rua da Oficina; Fazenda Santa Cecília do Ingá (Sta. Cruz).
27	São João; Monte Castelo (até a praça Ex. Combatentes).
28	Vila Santa Cecília (transversais da rua 33); Rua 33 (Vila Santa Cecília); Sessenta (até o campo Novo Mundo).
29	Vila Sta. Cecília (Jd. dos Inocentes e ruas adjacentes); Vila Sta. Cecília (r. 21 até o zoológico); Tangerinal; Bela Vista; Santa Tereza; Rústico.
30	Conforto; Santa Inês; Morro do Carrapato (São Lucas).
31	Conjunto habitacional Vila Rica.
32	Jd. Tiradentes; Casa de Pedra; Siderópolis; Jd. Esperança; APAE.
33	Aterrado
34	Vila dos Índios (Sessenta); Av. Amaral Peixoto; Av. Getúlio Vargas; Laranjal Colina.
35	Av. Adalberto de Barros Nunes (Beira-Rio); Av. Sávio Gama; Av. Antônio de Almeida (Retiro); Av. Waldir Sobreira Pires (até o cemitério); Av. Nossa Senhora do Amparo; Jd. Paraíba; Nossa Senhora das Graças.
36	Aterrado.
37	Vila Mury (parte – até a r. Laranjeiras).
38	Vila Mury (parte – até a padaria do bairro); Limoeiro; Voldac.
39	Av. Adalberto de Barros Nunes (Beira-Rio); Av. Sávio Gama; Av. Antônio de Almeida (Retiro); Av. Waldir Sobreira Pires (até o cemitério); Av. Nossa Senhora do Amparo; Jd. Paraíba; Nossa Senhora das Graças

Fonte: Adaptado de (VOLTA REDONDA, 2021a)

Do total da população de Volta Redonda, mais de 99,5% concentram-se na zona urbana, e a população atendida pelo serviço de coleta dos RSU compreende 100% dos moradores, (SNIS, 2019).

5.1.6 Indicador “Geração de RSU *per capita* (kg/hab.ano)”

Este indicador contribui para as mudanças nos padrões de produção, com o lançamento de produtos mais duráveis e o estabelecimento de normas para reduzir o consumo dos recursos naturais e o reaproveitamento dos produtos pós-consumo. (BARROS; SILVEIRA, 2019).

Barra Mansa gerou 42.885,0 t de RSU e possuía uma população de aproximadamente de 182.732 habitantes, dessa forma tem uma geração *per capita* de 243,7 kg/hab.ano (SNIS, 2019).

Volta Redonda gerou 73.012,5 t de RSU e possuía uma população de aproximadamente de 272.888 habitantes, dessa forma tem uma geração *per capita* de 267,6 kg/hab.ano (SNIS, 2019).

5.1.7 Indicador “aterro sanitário/ controlado licenciado”

O licenciamento ambiental é uma obrigação legal prévia à instalação de qualquer empreendimento ou atividade potencialmente poluidora ou degradadora do meio ambiente. As atividades com elevado potencial poluidor são submetidas ao Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e ao Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) que são acompanhadas de audiências públicas como parte do processo (SILVEIRA; ARAÚJO 2014).

De acordo com o INEA, 2021, a Licença Ambiental estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que devem ser obedecidas para uma instalação e operação de uma atividade.

Barra Mansa possui uma Central de Tratamento de Resíduos operado pela Orizon Valoração de Resíduos, antiga Fox Haztec, inscrita sob o CNPJ: 10.840.738/0001-10. O aterro sanitário possui licença de operação N°: IN048764, com vigência até o dia 26 de março de 2022, através do processo E-07/511764/2011 (INEA, 2021).

Volta Redonda não possui um aterro sanitário em sua cidade, porém envia seus resíduos para a Central de Tratamentos de Resíduos de Barra Mansa S.A, cujo dados foram supracitados (SNIS, 2019).

5.1.8 Indicador “intersectorialidade”

De acordo com Warschauer e Carvalho, (2014), a intersectorialidade é a articulação entre sujeitos de setores diversos, com diferentes saberes e poderes com vistas a enfrentar problemas complexos.

Barra Mansa possui somente uma secretaria responsável pela gestão dos resíduos sólidos, que é o Sistema Autônomo de Água e Esgoto - BM (SAAE). O setor é responsável pela coleta dos RSU, varrição de vias e fornecimento de água para a população (SNIS, 2019).

Volta Redonda conta somente com a Secretaria Municipal de Infraestrutura (SMI) para a gestão dos RSU. Ela também é responsável pela manutenção viária, conservação de praças e prédios públicos e demais serviços de manutenção e limpeza (SNIS, 2019).

5.1.9 Indicador “Grau de execução do Plano Municipal de RSU vigente”

O PMGIRS é uma obrigatoriedade da Lei N° 12.305/2010. Nele está contido o diagnóstico geral da gestão dos RSU e define objetivos e metas que devem ser alcançadas pelo município. Quanto maior for o grau de execução do plano, tende ser mais sustentável a gestão dos resíduos no município (BERTICELLI; KORF, 2016).

Barra Mansa como descrito no item 5.1.1, não possui o plano aprovado pelo legislativo, dessa forma, seu grau de execução é considerado como menor que 30%.

Volta Redonda se encontra na mesma situação do município de Barra Mansa, possui uma minuta do PMGIRS, porém não aprovado, considerando assim que seu grau de execução está abaixo de 30%.

5.1.10 Indicador “Capacitação contínua de agentes que atuam na área da limpeza pública”

A capacitação contínua tem como finalidade, estimular mudanças no comportamento das pessoas, de modo a melhorar o desempenho, a eficácia e a eficiência, almejando, ainda, a resolução de problemas nos setores prestadores de serviços e promovendo estratégias para a área de sua gestão (SILVA; SILVA, 2018).

Em Barra Mansa e Volta Redonda não foram identificados nenhum tipo de capacitação de agentes que atuam no setor de limpeza pública.

5.1.11 Indicador “existência de pontos para entrega voluntária dos resíduos segregados”

Os pontos de entrega voluntária são locais de pontos estratégicos, próximos a residências que recebem os resíduos segregados para posterior coleta pelo município ou cooperativas. Os resíduos segregados coletados contribuem para as rendas das famílias utilizam da reciclagem como sustento (NOGUERA ZON, 2020).

Barra Mansa não possui pontos de coleta voluntária dos resíduos segregados, somente coleta via cooperativa, conforme descrito no item 5.1.5 (SNIS, 2019).

Volta Redonda encontra-se na mesma situação de Barra Mansa. O município não possui pontos de coletas voluntária dos resíduos segregados, as coletas dos resíduos recicláveis são feitas porta a porta pelas cooperativas contratadas (SNIS, 2019).

5.1.12 Indicador “veículo coletor específico e apropriado em termos de capacidade, tratamento para as necessidades de geração local”

Os veículos utilizados para coleta de resíduos devem possuir um sistema que acondicione o chorume e uma prensa hidráulica, que diminui o volume dos resíduos coletados, aumentando assim sua capacidade para coleta.

Barra Mansa tem o serviço de coleta RSU terceirizada pela empresa Pioneira Saneamento e Limpeza Urbana Ltda, inscrita sob o CNPJ: 62.719.083/0001-20, situada na Rodovia Lúcio Meira, 9317, Água Limpa, Volta Redonda – RJ. A empresa disponibiliza 8 caminhões compactadores para os serviços de coleta (SNIS, 2019).

Volta Redonda também utiliza os serviços da Pioneira Saneamento e Limpeza Urbana Ltda, sob o contrato 280/2016, que foi aditivado através do contrato 281/2021, com vigência até 01 de dezembro de 2021. A empresa disponibiliza 15 caminhões compactadores para a coleta dos RSU (SNIS, 2019).

5.1.13 Indicador “Aplicação dos recursos provenientes da coleta seletiva”

A sustentabilidade financeira é importante para a manutenção da atividade, pois ela consiste no uso dos recursos de forma equilibrada. As taxas e tarifas de coleta de lixo sistematizam o programa, podendo financiar serviços como: instalações, manutenção de equipamentos, custeio das operações, pessoal e materiais (BARROS; SILVEIRA, 2019).

Barra Mansa trabalha com a Cooperativa Coopcat, conforme descrito no item 5.1.2, que é responsável pela coleta, transporte e destinação dos resíduos recicláveis. Em média são coletados 90 mil quilos/mês de materiais recicláveis, O valor pago pelo município é convertido para 38 cooperados. O município disponibiliza as verbas para projetos sociais, que mantém a renda os catadores (BARRA MANSA, 2020).

Volta Redonda possui contrato com três cooperativas que são responsáveis pela coleta, transporte e destinação dos resíduos recicláveis, conforme descrito no item 5.1.2. As cooperativas recebem R\$ 625,00 por tonelada coletada, com um valor global de R\$

360.000,00 por contrato, caracterizando que o município está investindo seus recursos em projetos sociais (VOLTA REDONDA, 2021b).

5.1.14 Indicador “Inclusão de ações de Educação Ambiental”

A educação ambiental é um processo de transformação do indivíduo, pois ela age em seu modo de pensar e agir, formando assim sujeitos que podem criticar e refletir sobre o tema (DOLCI; PEREIRA, 2020).

De acordo com Paixão (2018), o tema educação ambiental precisa ser vista como uma forma de intervenção social, onde liberta o sujeito de alienações, promovendo assim a cultura do consumo sustentável.

A educação ambiental em Barra Mansa está fundamentada na (Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BNCC, 2017). O município promove a educação ambiental por meios de palestras nas escolas, juntamente com ONG's e associações (BARRA MANSA, 2020).

Volta Redonda possui a Lei N° 5.392/17, que institui a Educação Ambiental como matéria obrigatória nas escolas públicas do município (VOLTA REDONDA, 2017). A educação ambiental é proposta desde o 1º ano do ensino fundamental, inserido na matéria de ciências conforme a Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BNCC, 2017).

5.1.15 Indicador “Percentual de pessoas atendidas pela coleta seletiva”

Barra Mansa possui a coleta seletiva uma vez por semana, e divide o município em 17 setores. A coleta seletiva atende 86,2 % das pessoas do município (CEPERJ, 2021).

Volta Redonda divide o município em 39 setores, e a coleta seletiva está presente em todos, o que confere um atendimento de 100% da população (CEPERJ, 2021).

5.1.16 Indicador “catadores organizados”

As cooperativas possuem um importante papel social para as populações vulneráveis, pois são uma fonte de renda. Foram identificadas 1829 organizações (ANCAT, 2020). Elas também contribuem ambientalmente, pois aumentam a vida útil de aterros e reduzem a disposição clandestina. As cooperativas possuem uma importância no âmbito econômico nas cadeias de suprimentos, pois podem fornecer matéria-prima e combustíveis a baixo custo para empresas de manufatura (SELLITTO; ALMEIDA, 2019).

Barra Mansa e Volta Redonda, como mencionado no item 5.1.7 envia seus RSU a Haztec, uma unidade privada para tratamento dos resíduos sólidos, onde não é autorizado a entrada de catadores em seu sistema de triagem.

Barra Mansa conta com a Cooperativa Mista de Catadores de Materiais Recicláveis (COOPCAT) conforme item 5.1.2.

Volta Redonda utiliza as cooperativas Folha Verde, Reciclar VR e Cidade do Aço, que são formadas por catadores organizados, como descrito no item 5.1.2.

5.1.17 Indicador “Salubridade do local de trabalho dos catadores (EPI, banheiros, refeitório, armazenamento adequado do refugio e dos recicláveis, cobertura, piso impermeabilizado)”

A insalubridade é definida pela em função do grau do agente nocivo, tais como: físicos, químicos e biológicos. Deve-se considerar o tipo de atividade desenvolvida pelo empregado durante sua jornada de trabalho. Outro ponto que deve ser observado são os limites de tolerância, as taxas de metabolismo e respectivos tempos de exposição (BRASIL, 2014).

O ambiente de trabalho salubre deve-se configurar como um local seguro para seus colaboradores, ou seja, a salubridade está relacionada a uma situação ou condição que não afeta, ao menos de forma potencial, a saúde das pessoas.

Barra Mansa possui contrato com a Cooperativa Mista dos Catadores de Materiais Recicláveis de Barra Mansa Ltda (COOPCAT), inscrita no CNPJ: 07.939.783/0001-12, situado na avenida Presidente Kennedy, nº3050, Ano Bom, Barra Mansa – RJ. Suas instalações estão a margem do Rio Paraíba do Sul, o chão é composto por paralelepípedos, ou seja, não é totalmente impermeável, os resíduos ficam acondicionados em bags sob sol e chuva, existem banheiros distintos masculino e feminino e os colaboradores utilizam EPI's (PMGIRS, 2017; GOOGLE EARTH, 2021).

A cidade de Volta Redonda possui três cooperativas para o serviço de coleta de resíduos recicláveis:

- Cooperativa de trabalho Multif de Catadores Amigos do Meio Ambiente de Materiais Recicláveis do Município de VR RJ Folha Verde Ltda (Folha Verde), inscrita no CNPJ: 17.058.091/0001-19.

- Cooperativa Reciclar/VR Cooperativa Popular dos Agentes do Meio Ambiente do Município de Volta Redonda Ltda (Reciclar VR), inscrita no CNPJ: 11.169.403/0001-85.
- Cooperativa de Trabalho dos Catadores de Materiais Recicláveis de Volta Redonda (Cidade do Aço), inscrita no CNPJ: 40.756.848/0001-60.

As cooperativas ficam situadas em uma área cedida pela prefeitura na avenida Nossa Senhora do Amparo, 1945, Voldac, Volta Redonda – RJ, uma antiga pedreira, sua pavimentação é compactada por ser rocha, possui áreas cobertas onde ficam os resíduos, locais para refeição e banheiros distintos para homens e mulheres, o uso de equipamentos de proteção individual (EPI) são esporádicos entre os funcionários (PMGIRS, 2015, GOOGLE EARTH, 2021).

Destacam-se aqui os principais pontos críticos do sistema de gestão dos resíduos sólidos urbanos, que o nível de sustentabilidade dos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda conduzem sobre o tema.

Ambos os municípios possuem uma minuta dos PMGIRS, que não foram aprovadas pelo legislativo e tão pouco submetidos a audiências públicas. Dessa forma caracterizando que eles não possuem um documento válido. É de suma importância a confecção e validação do Plano, pois é um documento de obrigatoriedade da Lei N° 12.305/10. A partir dos PMGIRS os municípios obtém um diagnóstico da situação dos RSU e também através desse documento eles têm acesso a ajuda financeira para adequação do manejo dos RSU.

No município de Barra Mansa, a abrangência da coleta seletiva está abaixo de 90%. Dessa forma se configura que os resíduos não coletados de forma segregada são enviados para o CTR Barra Mansa, caracterizando custo para a disposição final. Outro ponto importante é que esses resíduos estariam retornando a cadeia produtiva e agregando rendas as famílias dos cooperados do município.

A falta de lixeiras públicas dispostas por todas as áreas urbanas dos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda refletem uma deficiência na gestão. Através destes coletores é possível que os munícipes disponham os resíduos de forma segura e colaboram com uma cidade mais limpa. Diminuindo assim o risco de contaminação de córregos e rios.

A deficiência da capacitação contínua dos agentes que atuam com a limpeza pública é um problema dos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda. A constante reciclagem de

aprendizado sobre o tema faz com que melhore a atuação desses colaboradores e ainda valoriza o trabalho dos mesmos.

Outro item que se deve destacar é falta de pontos de entregas voluntárias dos resíduos segregados em ambos os municípios. Os pontos de coleta voluntária facilitam a disposição dos resíduos, reduzindo os custos de coleta e agregando valor aos resíduos que serão processados.

Os ambientes insalubres das cooperativas também merecem um ponto de atenção. Por se tratar de resíduos, o acondicionamento, a impermeabilização do solo e uso de equipamentos de proteção individual (EPI) adequados devem ser itens considerados críticos, e que as prefeituras deveriam monitorar e cobrar ações de melhorias.

Barra Mansa e Volta Redonda apresentaram média sustentabilidade no sistema de gestão dos RSU. Esses municípios podem adequar a gestão de RSU para um cenário mais sustentável, a partir da implantação do PMGIRS, uma coleta seletiva mais efetiva e investimentos em capacitação dos agentes de limpeza. Garantindo assim um melhor aproveitamento dos seus recursos naturais, preservando-os mais para as gerações futuras

6 CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho mostraram a importância da utilização de Indicadores de Sustentabilidade para a Gestão Municipal de Resíduos Sólidos Urbanos. A Técnica Delphi foi utilizada como uma ferramenta para a seleção dos indicadores mais apropriados para uma análise mais detalhada do sistema de gestão. O conjunto final apresentado neste trabalho abrange 17 indicadores associados as seis dimensões da sustentabilidade, que são: ambiental, política, tecnológica, financeira, conhecimento e social.

No contexto geral, o NS do sistema de gestão dos RSU de Barra Mansa e Volta Redonda apresentou média sustentabilidade após a aplicação da matriz

Quando analisado separadamente as dimensões da sustentabilidade, o município de Barra Mansa e Volta Redonda apresentaram na dimensão ambiental, financeira e social média sustentabilidade. O nível mais crítico encontra-se na dimensão política, onde ambos os municípios apresentaram baixa sustentabilidade.

Embora os municípios apresentem média sustentabilidade no contexto geral, vale destacar os pontos positivos notados: ambos os municípios possuem a coleta seletiva implementada, entretanto, se comparados, a abrangência da coleta em Volta Redonda é melhor. A geração *per capita* dos RSU está abaixo da média nacional, sendo assim a eficiência da coleta dos resíduos, associado aos tipos e quantidade de veículos coletores desta atividade, suprem as necessidades dos munícipes.

Em virtude do exposto e em conformidade com o que foi observado e ponderado anteriormente, ações de melhorias no sistema de gestão de RSU são necessárias, sendo a implantação do PMGIRS um fator que irá gerar um diagnóstico da atual realidade do quadro dos municípios. Assim, a partir do plano as prefeituras conseguirão atuar de forma mais assertiva nos problemas identificados, convergindo-se para a gestão mais sustentável.

Outra frente em que as prefeituras devem investir para alcançar o nível mais alto da sustentabilidade seria o de capacitar os agentes que atuam na área de limpeza pública. Visto que uma capacitação de forma continuada e principalmente comprometida a manter os processos e procedimentos atualizados corrobora para uma qualidade de gestão sustentável dos RSU e uma melhoria da produtividade. E, juntamente com isso, implementar pontos de entrega voluntária de resíduos segregados, os quais proporcionam uma redução considerável

no custo da coleta, aumentando a quantidade de resíduos recicláveis, estimulando e educando a população no quesito de conscientização ambiental.

6.1 RECOMENDAÇÕES

Por fim, mas não menos importante, deve-se mencionar a recomendação da aplicação desta matriz novamente no intervalo de dois anos com o intuito de verificar a evolução e comprometimento dos municípios na sustentabilidade da gestão dos resíduos sólidos urbanos.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020*. Disponível em: < <http://abrelpe.org.br/panorama-2020/>>. Acesso em 6 jan. 2021.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Norma NBR 8419:1992. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos Urbanos*. Rio de Janeiro, 1992. 7 p.
- _____. *Norma NBR 10004: 2004. Resíduos Sólidos – Classificação*. Rio de Janeiro, 2004.77.
- ANCAT - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS CATADORES E CATADORAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS. *Anuário de Reciclagem 2020*. Disponível em: < <http://anuariodareciclagem.eco.br/>>. Acesso em 20 out. 2021.
- ASSI, M; CAMPOS, E. E. As dimensões da sustentabilidade em face ao princípio da dignidade da pessoa humana como direito fundamental. *Justiça do Direito*, Passo Fundo: Univali, v.27, n.1, p. 34-52, jan./jun. 2013.
- BARRA MANSA. SAAE - BM e COOPCAT intensificam ações de educação ambiental nas escolas, 2020. Disponível em: < <https://www.barramansa.rj.gov.br/saae-bm-e-coopcat-intensificam-acoes-de-educacao-ambiental-nas-escolas/>>. Acesso em: 08. out. 2021.
- BARRA MANSA. Coleta Seletiva é retomada em Barra Mansa, 2020. Disponível em: < <https://www.barramansa.rj.gov.br/coleta-seletiva-e-retomada-em-barra-mansa/>>. Acesso em: 08. Out. 2021.
- BARRA MANSA. SAAE de Barra Mansa inicia coleta seletiva em novos bairros da Região Leste, 2021. Disponível em: <<https://www.barramansa.rj.gov.br/saae-de-barra-mansa-inicia-coleta-seletiva-em-novos-bairros-da-regiao-leste/>>. Acesso em: 08. Out. 2021a.
- _____. SAAE de Barra Mansa realiza oficina on-line para debater o PMGIRS 2021. Disponível em: <<https://www.barramansa.rj.gov.br/saae-de-barra-mansa-realiza-oficina-on-line-para-debater-o-pmgirs/>>. Acesso em: 08. Out. 2021b.
- _____. SAAE divulga cronograma da coleta seletiva 2021. Disponível em: <<https://www.barramansa.rj.gov.br/saae-divulga-cronograma-da-coleta-seletiva/>>. Acesso em 08 out de 2021c.

_____. SAAE instala novo modelo de lixeira no Centro de Barra Mansa, 2021. Disponível em: <<https://www.barramansa.rj.gov.br/saae-instala-novo-modelo-de-lixeira-no-centro-de-barra-mansa/>>. Acesso em: 08. Out. 2021d.

_____. Horários da Coleta de Lixo em Barra Mansa. 2021. Disponível em: <<http://barramansa.comunidades.net/horarios-da-coleta-de-lixo>>. Acesso em 08. Out. 2021e.

BARROS, R. T. DE V.; SILVEIRA, Á. V. F. Uso de indicadores de sustentabilidade para avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Belo Horizonte. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 24, n. 2, p. 411–423, abr. 2019.

BERTICELLI, R; KORF, E. P. Diretrizes para elaboração de um plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos. *Revista de Engenharia Civil IMED*, Passo Fundo, v. 3, n. 1, p. 19-24, jul. 2016.

BNCC – Base Nacional Curricular Comum. Base Nacional Comum Curricular, Educação é a Base, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf>. Acesso em 03 novembro de 2021.

BRASIL, F. C; CARLI, A. A. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) In: Uma análise interdisciplinar de sua efetividade. 1. Ed. Rio de Janeiro. Multifoco, 2021. 344p. cap. 1, p. 15-16.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, n. 147, p. 3, 03 ago. 2010. Seção 1.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001. Estabelece o Código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF ,117-E, de 19 de junho de 2001, Seção 1, página 80.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 15 – Atividades de Operações Insalubres. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2014. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-15-nr-15>>. Acesso em: 13. Nov. 2021.

BURGOS, A. L.; BOCCO, G. Evaluación de la interfaz ciencia-política a nivel municipal en la implementación de la Agenda Local 21 en Michoacán (México)/Evaluation of the Science-Policy Interface at the Local Level in the Implementation of Local Agenda 21 in Michoacan (Mexico). *Gestión y Política Pública*, v. 30, n. 1, p. 197+, 2021.

Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro – CEPERJ, 2021. ICMS Ecológico. Disponível em: <https://www.ceperj.rj.gov.br/?page_id=74>. Acesso em 13. Nov. 2021.

CETRULO, T. B. et al. Effectiveness of solid waste policies in developing countries: A case study in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v. 205, p. 179–187, dez. 2018.

CHAVES, G. DE L. D.; SIMAN, R. R.; SENA, L. G. Ferramenta de avaliação dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: parte 1. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 25, n. 1, p. 167–179, jan. 2020.

CNUMAD - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento. Agenda 21. Brasília: Centro de Documentação e Informação Coordenação de Publicações, 1995. 475 p.

COSTA, I. M.; FERREIRA DIAS, M. Evolution on the solid urban waste management in Brazil: A portrait of the Northeast Region. *Energy Reports*, v. 6, p. 878–884, fev. 2020.

CRUZ, P. M; FERRER, G. R. Direito, Sustentabilidade e a Premissa Tecnológica como Ampliação de seus Fundamentos. *Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos*, Santa Catarina: UFSC, v. 36, n. 71, p. 239, dez. 2015.

DESSBESELL, G. C; BERTICELLI, R; ZAMBERLAN, J. F. Indicadores de Sustentabilidade na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. *CIENTEC – Ciência e Tecnologia, Cruz Alta*, v.2, n.2 p.21-30, dez./2018.

DING, G; HE, B; CAO, Y; WANG, C; SU, L; DUAN, Z; SONG, J; TONG, W; LI, X. Process simulation and optimization of municipal solid waste fired power plant with oxygen/carbon dioxide combustion for near zero carbon dioxide emission. *Energy Conversion and Management*, v. 157, p. 157–168, fev. 2018.

DOLCI, L. N.; PEREIRA, A. M. EDUCAÇÃO AMBIENTAL E EDUCAÇÃO ESTÉTICA: UM PROCESSO EDUCATIVO PARA A SUSTENTABILIDADE. *Educação: Teoria e Prática*, v. 30, n. 63, p. 1–16, 30 jun. 2020.

- DOMINGUES, A. R; PIRES, S. M; CAEIRO, S; RAMOS, T. B. Defining criteria and indicators for a sustainability label of local public services. *Ecological Indicators*, Elsevier, v. 57, p. 452-464, out. 2015.
- FRANCA, L. S.; RIBEIRO, G. M.; CHAVES, G. DE L. D. The planning of selective collection in a real-life vehicle routing problem: A case in Rio de Janeiro. *Sustainable Cities and Society*, v. 47, p. 101488, 1 maio 2019.
- GHESLA, P. L. et al. Municipal Solid Waste Management from the Experience of São Leopoldo/Brazil and Zurich/Switzerland. *Sustainability*, v. 10, n. 10, 2018.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4ª Ed. São Paulo: Atlas S.A, 2002, 176p.
- GOMES, C. M.; KNEIPP, J. M; KRUGLIANSKAS, I; ROSA, L. A. B; BICHUETI; R. S. Management for sustainability: an analysis of the key practices according to the business size. *Ecological Indicators*, v 52, p. 116-127, 2015.
- GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência & Saúde Coletiva*, São Paulo: FapUNIFESP, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, jun. 2012.
- FRATTA, K. D. S. A; TONELI, J. T. C. L; ANTONIO, G. C. Diagnosis of the management of solid urban waste of the municipalities of ABC Paulista of Brasil through the application of sustainability indicators. *Waste Management*, Elsevier, v. 85, p. 11-17, fev. 2019.
- FRIMAN, M; SCHREIBER, D; SYRJANEN, R; KOKKONEM, E; MUTANEN, A; SALMINEN, J. Steering sustainable development in higher education – Outcomes from Brazil and Finland. *Journal of Cleaner Production*, v. 186, p. 364–372, 2018.
- HADIDI, L. A; GHATIHAM, A; MOHAMMED, A; AL-OFI, K. Deploying Municipal Solid Waste Management 3R-WTE Framework in Saudi Arabia: Challenges and Future. *Sustainability*, v. 12, n. 14, 2020.
- HAZTEC. CTR Barra Mansa. Disponível em: <<http://haztec.com.br/solucoes-ambientais-completas/index.php/solucoes/centrais-de-tratamento-de-residuos#ctrb>>. Acesso em mai. 2019.
- HUGO, A.; LIMA, R. Healthcare waste management assessment: Challenges for hospitals in COVID-19 pandemic times. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, v. 39, n. 1_suppl, p. 56-63, abr. 2021.

HOORNWEG, D; BHADA-TATA, P. 2012. What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. Urban development series; knowledge papers no. 15. *World Bank, Washington, DC*. © World Bank.

IAQUINTO, B. O. A SUSTENTABILIDADE E SUAS DIMENSÕES. *Revista da Esmesc*, Santa Catarina: Escola Superior da Magistratura de Santa Catarina, v. 25, n. 31, p. 157-178, 19 dez. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produto Interno Bruto – PIB. 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>> Acesso em 05 ago. 2019.

_____. Países IBGE. 2019. Disponível em <<https://paises.ibge.gov.br/#/mapa>>. Acesso em 07 de set. 2019.

IBGE CIDADES. Volta Redonda Disponível em < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/volta-redonda/panorama>>. Acesso em 13 de mar. 2020.

_____. Barra Mansa. Disponível em < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/barra-mansa/panorama>>. Acesso em 13 de mar. 2020.

KAUARK, F. S; MANHÃES, F. C; MEDEIROS, C. H. *Metodologia da Pesquisa: guia prático*. 1ªEd. Itabuna-Brasil: Via Litteratum, 2010, 89 p.

KULKARNI, B. N.; ANANTHARAMA, V. Repercussions of COVID-19 pandemic on municipal solid waste management: Challenges and opportunities. *Science of The Total Environment*, v. 743, p. 140693, 2020.

LEVESQUE, V. R.; BELL, K. P.; CALHOUN, A. J. K. Planning for Sustainability in Small Municipalities: The Influence of Interest Groups, Growth Patterns, and Institutional Characteristics. *Journal of Planning Education and Research*, v. 37, n. 3, p. 322–333, set. 2017.

LUCHESI, M. V. P; GUADAGNIN, M. R. AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE ORLEANS – SC. *Tecnologia e Ambiente*, v. 24, n. 0, p. 116-134, 16 ago. 2018.

MAIELLO, A.; BRITTO, A. L. N. DE P.; VALLE, T. F. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Revista de Administração Pública*, v. 52, n. 1, p. 24–51, jan. 2018.

MANNARINO, C. F; FERREIRA, J. A; GANDOLLA, M. Contribuições para a evolução do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil com base na experiência Européia. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, São Paulo: FapUNIFESP, v. 21, n. 2, p. 379-385, 20 jun. 2016.

- MASSUKADO, L. M. *Compostagem: nada se cria, nada se perde; tudo se transforma*. 1ªEd. Brasília: Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia de Brasília, 2016, 86 p.
- MARQUES, J. B. V; FREITAS, D. Método DELPHI: caracterização e potencialidades na pesquisa em educação. *Proposições*, Campinas: Fap UNIFESP, v. 29, n. 2, p. 389-415, ago. 2018.
- MILANEZ, B. *Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios indicadores e instrumento de ação*. São Carlos, 2002. 206 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia urbana) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: < <https://bv.fapesp.br/pt/dissertacoes-teses/4914/residuos-solidos-e-sustentabilidade-principios-indicadores-e>>. Acesso em: 24 out. 2019.
- NASCIMENTO, E. P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. *Estudos Avançados*, São Paulo: USP, v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012.
- NOGUEIRA ZON, J. L. et al. Waste pickers organizations and municipal selective waste collection: Sustainability indicators. *Waste Management*, v. 118, p. 219–231, dez. 2020.
- NOLASCO, E; DURAES, P. H. V; GONÇALVES, J. P; OLIVEIRA, M. C; ABREU, L. M; ALMEIDA, A. N. Characterization of solid wastes as a tool to implement waste management strategies in a university campus. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, v. 22, n. 2, p. 217–236, 22 jan. 2021.
- ONU – Organização das Nações Unidas. Apesar de Baixa fertilidade, mundo terá 9,8 bilhões de pessoas em 2050. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/apesar-de-baixa-fertilidade-mundo-tera-98-bilhoes-de-pessoas-em-2050/>>. Acesso em 31 mai. 2019.
- _____. Fome aumente no mundo e atinge 820 milhões de pessoas, diz relatório da ONU. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/fome-aumenta-no-mundo-e-atinge-820-milhoes-de-pessoas-diz-relatorio-da-onu/>>. Acesso em 20 ago. de 2019.
- _____. Humanidade produz mais de 2 bilhões de toneladas de lixo por ano, diz ONU em dia mundial. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/humanidade-produz-mais-de-2-bilhoes-de-toneladas-de-lixo-por-ano-diz-onu-em-dia-mundial/>>. Acesso em: 31 mai. 2019.
- OUDA, O. K. M; RAZA, S. A; AL-WAKED, R; AL-ASAD, J. F; NIZAMI, A. Waste-to-energy potential in the Western Province of Saudi Arabia. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, v. 29, n. 3, p. 212–220, 2017.

PAIXÃO, J. A. DA. Educação ambiental na educação básica: elementos para se pensar o trato da dimensão ambiental nas aulas educação física. *Horizontes*, v. 36, n. 1, p. 197–208, 30 abr. 2018.

PASCHOALIN FILHO, J. et al. Comparação entre as Massas de Resíduos Sólidos Urbanos Coletadas na Cidade de São Paulo por Meio de Coleta Seletiva e Domiciliar. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 3, n. 3, p. 19–33, 1 dez. 2014.

PEREIRA, S. S; CURI, R. C; CURI, W. F. Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: parte ii - uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, Rio de Janeiro: ABES, v. 23, n. 3, p. 485-498, jun. 2018.

PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Barra Mansa, 2018. Disponível em: <https://barramansapmgirs.wixsite.com/pmgirs/downloads/PMGIRS_P03_BM_VC_website.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2019.

PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Volta Redonda, 2015. Disponível em: <http://www.portalvr.com/projetos/saneamento/mod/consulta_publica_2015/pdf/DOC3_PMGIRS.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2019.

POLAZ, C. N. M; TEIXEIRA, B. A. N. Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para são carlos (sp). *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, Rio de Janeiro: ABES, v. 14, n. 3, p. 411-420, set. 2009.

PUPPHACHAI, U; ZUIDEMA, C. Sustainability indicators: a tool to generate learning and adaptation in sustainable urban development. *Ecological Indicators*, Elsevier, v. 72, p. 784-793, jan. 2017.

RITA, A. E. C. S; GOIS, W. N; BARBOSA, R. H. A; MONTEIRO, V. S. Desenvolvimento sustentável no Brasil/ Sustainable development in Brazil. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 2, p. 8205–8213, 19 fev. 2020.

RODRIGUES, A.P.; FERNANDES, M.L.; RODRIGUES, M.F.F.; BORTOLUZZI, S.C.; COSTA, S.E. G; LIMA, E. P. Developing criteria for performance assessment in municipal solid waste management. *Journal Of Cleaner Production*, Elsevier, v. 186, p. 748-757, jun. 2018.

ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. *Estudos Avançados* 2012, v. 26, n. 74, p. 65-92. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142012000100006>>. Acessado em 10 de outubro de 2012.

- ROZADOS, H. F. O uso da técnica Delphi como alternativa metodológica para a área da Ciência da Informação. *Em Questão*, Porto Alegre: Faculdade de Biblioteconomia Comunicacao – UFRGS, v. 21, n. 3, p. 64, 24 dez. 2015.
- SANTIAGO, L. S.; DIAS, S. M. F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro: ABES, v. 17, n. 2, p. 203-212, jun. 2012.
- SELLITTO, M. A.; ALMEIDA, F. A. Analysis of the contribution of waste sorting plants to the reverse processes of supply chains. *Waste Management & Research*, v. 37, n. 2, p. 127-134, 2019.
- SILVA, G. S. DA; SILVA, A. DE C. Gestão de pessoas no serviço público: os programas de capacitação de servidores técnico-administrativos na universidade federal do Tocantins – campus de Araguaína, em 2016. *Revista Estudo & Debate*, v. 25, n. 2, 5 set. 2018.
- SILVA, L.; PRIETTO, P. D. M; KORF, E. P. Sustainability indicators for urban solid waste management in large and medium-sized worldwide cities. *Journal Of Cleaner Production*, Elsevier, v. 237, p. 117802, nov. 2019.
- SILVA, W. K. A. S.; TAGLIAFERRO, E. R. ATERRO SANITÁRIO - A engenharia na disposição final de resíduos sólidos / landfill - engineering in the final disposal of solid waste. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 2, p. 12216–12236, 2021.
- SILVEIRA, M.; ARAÚJO NETO, M. D. DE. Licenciamento ambiental de grandes empreendimentos: conexão possível entre saúde e meio ambiente. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 19, n. 9, p. 3829–3838, set. 2014.
- SILVESTRE, B. Sustainable supply chain management: current debate and future directions. *Gestão & Produção*, São Carlos: UFSCar, v. 23, n. 2, p. 235-249, 7 jul. 2016.
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>> Acesso em abr. 2021.
- SINGH, A. Managing the uncertainty problems of municipal solid waste disposal. *Journal Of Environmental Management*, Elsevier, v. 240, p. 259-265, jun. 2019.
- UNESP – Universidade Estadual Paulista. Disposição de resíduos. Disponível em <<https://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res20.html>>. Acesso em 23 set. de 2019.
- VOLTA REDONDA. Cronograma Coleta de Lixo de VR, 2021. Disponível em: <<http://aplicativos.voltaredonda.rj.gov.br:4000/cartaServicos/149/>>. Acesso em: 08. Out. 2021a.

_____. Portal da Transparência, 2021. Disponível em: <http://www2.voltaredonda.rj.gov.br/transparencia/mod/licitacao/contratos/pgm/>>. Acessado em: 08. Out. 2021b.

_____. Prefeitura de Volta Redonda Divulga Cronograma da Coleta Seletiva. 2021. Disponível em: <<https://new.voltaredonda.rj.gov.br/9-noticias-em-destaque/3767-prefeitura-de-volta-redonda-divulga-cronograma-da-coleta-seletiva-3>>. Acesso em: 08. Out. 2021c.

_____. Secretaria de Infraestrutura Troca Lixeiras por Unidades mais Resistentes, 2021. Disponível em: <<https://new.voltaredonda.rj.gov.br/governo/9-noticias-em-destaque/3146-secretaria-de-infraestrutura-troca-lixearas-por-unidades-mais-resistentes>>. Acesso em: 08. Out. 2021d.

VIGNESWARAN, S.; KANDASAMY, J.; JOHIR, M.A.H. Sustainable Operation of Composting in Solid Waste Management. *Procedia Environmental Sciences*, Elsevier, v. 35, p. 408-415, 2016.

VISVALDIS, V; AINHOA, G; RALFS, P. Selecting Indicators for Sustainable Development of Small Towns: the case of valmiera municipality. *Procedia Computer Science*, Elsevier, v. 26, p. 21-32, 2013.

WARSCHAUER, M.; CARVALHO, Y. M. DE. O conceito “Intersetorialidade”: contribuições ao debate a partir do Programa Lazer e Saúde da Prefeitura de Santo André/SP. *Saúde e Sociedade*, v. 23, n. 1, p. 191–203, mar. 2014.

ZHAO, L. et al. Data envelopment analysis for sustainability evaluation in China: Tackling the economic, environmental, and social dimensions. *European Journal of Operational Research*, v. 275, n. 3, p. 1083–1095, jun. 2019.

ZHOU, J. et al. Selection and modeling sustainable urbanization indicators: A responsibility-based method. *Ecological Indicators*, v. 56, p. 87–95, 2015.

APÊNDICE I

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	AUTOR
(1) Intersetorialidade.	(Santiago e Dias, 2012), (Polaz e Teixeira, 2009).
(2) Universalidade.	(Santiago e Dias, 2012).
(3) Integralidade dos serviços de saneamento básico.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018).
(4) Possui um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018).
(5) Apresenta fiscalização dos serviços de limpeza pública.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018), (Polaz e Teixeira, 2009).
(6) Utiliza mão de obra local.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018).
(7) Manutenção dos equipamentos realizados localmente.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018).
(8) Tecnologia de reaproveitamento com baixo consumo de energia, não atrelado a pagamento de patentes e royalties; fácil manuseio; emprega mão de obra local.	(Santiago e Dias, 2012), (Polaz e Teixeira, 2009).
(9) Veículo coletor específico e apropriado em termos de capacidade, tratamento para as necessidades de geração local.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018).
(10) Origem dos recursos para o gerenciamento de resíduos sólidos.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018), (Dessbesell, Berticelli e Zamberlan, 2018).
(11) Percentual autofinanciado do custo de coleta, tratamento e disposição final no município.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018), (Fratta et. al, 2018), (Dessbesell, Berticelli e Zamberlan, 2018), (Polaz e Teixeira, 2009), (Milanez, 2002), (Silva, Prietto e Korf, 2019).
(12) Percentual do orçamento do município destinado aos serviços de limpeza pública.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018), (Dessbesell, Berticelli e Zamberlan, 2018), (Milanez, 2002).
(13) Aplicação dos recursos provenientes da coleta seletiva.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018).
(14) Eficiência de coleta.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018), (Silva, Prietto e Korf, 2019).
(15) Satisfação da população em relação à coleta pública (periodicidade/ frequência/ horário).	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018).
(16) Existência de lixeiras públicas.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018).
(17) Existência de coleta seletiva no município.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018).
(18) Abrangência da coleta seletiva no município.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018), (Frata et. al, 2018), (Dessbesell, Berticelli e Zamberlan, 2018), (Silva, Prietto e Korf, 2019).

Continuação APÊNDICE I

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	AUTOR
(19) Existência de pontos para entrega voluntária dos resíduos segregados.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018).
(20) Índice de recuperação de materiais recicláveis.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Dessbesell, Berticelli e Zamberlan, 2018), (Silva, Prietto e Korf, 2019).
(21) Recuperação de resíduos orgânicos.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018).
(22) Geração de resíduos sólidos urbanos <i>per capita</i> .	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018), (Fratta et. al, 2018), (Polaz e Teixeira, 2009), (Silva, Prietto e Korf, 2019).
(23) Aterro sanitário / controlado licenciado.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018).
(24) Existência de aterro para resíduos inertes (resíduos de construção civil).	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018).
(25) Número de pontos de resíduos clandestinos/ extensão total das vias em km.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Fratta et. al, 2018), (Polaz e Teixeira, 2009).
(26) Há recuperação de área degradada por resíduos?	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018), (Dessbesell), (Polaz e Teixeira, 2009), (Milanez, 2002).
(27) Recursos alocados para ações de Educação Ambiental (em relação ao custo da limpeza pública).	(Santiago e Dias, 2012).
(28) inclusão de ações de Educação Ambiental.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018).
(29) Capacitação contínua de agentes que atuam na área da limpeza pública.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018), (Fratta et. al, 2018), (Polaz e Teixeira, 2009).
(30) Realização de Avaliação da gestão dos resíduos sólidos de forma participativa.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018) (Fratta et. al, 2018), (Polaz e Teixeira, 2009), (Milanez, 2002).
(31) Material informativo sobre o manejo dos resíduos sólidos.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Polaz e Teixeira, 2009).
(32) Realização de eventos municipais com a temática ambiental.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Silva, Prietto e Korf, 2019), (Rodrigues).
(33) Número de parceiros (Associações, universidades, setor privado, movimentos sociais).	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Dessbesell, Berticelli e Zamberlan, 2018) (Milanez, 2002).

Continuação APÊNDICE I

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	AUTOR
(34) Existência de conselhos (Saneamento, Saúde, Meio Ambiente).	(Santiago e Dias, 2012).
(35) Formas de mobilização.	(Santiago e Dias, 2012).
(36) Índice de rejeito IR (%). (Está relacionado com a coleta seletiva).	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018).
(37) Catadores organizados (cooperativas, associações).	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018), (Dessbesell, Berticelli e Zamberlan, 2018).
(38) Renda per capita mensal obtida pelos catadores.	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018).
(39) Abrangência dos cursos de capacitação promovidos aos catadores.	(Santiago e Dias, 2012), (Pereira, Curi e Curi, 2018).
(40) Salubridade do local de trabalho dos catadores (EPI, banheiros, refeitório, armazenamento adequado do refugo e dos recicláveis, cobertura, piso impermeabilizado).	(Santiago e Dias, 2012), (Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018), (Milanez, 2002).
(41) Artesãos que utilizam resíduos pós-consumo como fonte de renda.	(Santiago e Dias, 2012), (Pereira, Curi e Curi, 2018).
(42) Pessoas atuantes na cadeia de resíduos que tem acesso a apoio ou orientação definidos em uma política pública municipal.	(Santiago e Dias, 2012), (Dessbesell, Berticelli e Zamberlan, 2018), (Milanez, 2002).
(43) Participa de um consórcio intermunicipal.	(Luchese e Guadagnin, 2018).
(44) Grau de execução do Plano Municipal de RSU vigente.	(Luchese e Guadagnin, 2018), (Fratta et. al, 2018), (Polaz e Teixeira, 2009).
(45) Existência de informações sobre a gestão de RSU sistematizados e disponibilizados para a população.	(Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018), (Dessbesell, Berticelli e Zamberlan, 2018), (Polaz e Teixeira, 2009), (Milanez, 2002).
(46) Massa <i>per capita</i> anual coletada seletivamente (kg/hab.ano).	(Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018).
(47) Percentual de pessoas atendidas pela coleta seletiva.	(Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018).
(48) Inclusão de catadores avulsos.	(Luchese e Guadagnin, 2018), (Silva, Prietto e Korf, 2019).
(49) Grau de implementação das medidas previstas no licenciamento das atividades relacionadas aos RSU.	(Luchese e Guadagnin, 2018), (Pereira, Curi e Curi, 2018), (Polaz e Teixeira, 2009), (Milanez, 2002).
(50) Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado/aos resíduos.	(Pereira, Curi e Curi, 2018).
(51) Existência de catadores no lixão.	(Pereira, Curi e Curi, 2018).

Continuação APÊNDICE I

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	AUTOR
(52) Existência de catadores nas ruas.	(Pereira, Curi e Curi, 2018).
(53) Quantidade de transportes utilizados na coleta dos RSU (<i>per capita</i>).	(Pereira, Curi e Curi, 2018).
(54) Local e condições do aterro.	(Pereira, Curi e Curi, 2018).
(55) Infraestrutura implantada no aterro.	(Pereira, Curi e Curi, 2018).
(46) Condições operacionais do aterro.	(Pereira, Curi e Curi, 2018).
(57) Existência de uma Legislação específica para a gestão dos RSU no município.	(Pereira, Curi e Curi, 2018).
(58) Rentabilidade dos recursos humanos.	(Pereira, Curi e Curi, 2018).
(59) Existência de um canal de reclamações.	(Pereira, Curi e Curi, 2018), (Silva, Silva, Prietto e Korf, 2019 e Korf, 2019).
(60) Solicitações de serviço atendidas (eficiência).	(Pereira, Curi e Curi, 2018), (Silva, Prietto e Korf, 2019).
(61) Educação ambiental nas escolas.	(Pereira, Curi e Curi, 2018).
(62) Sensibilização ambiental.	(Pereira, Curi e Curi, 2018).
(63) Grau de disponibilidade dos serviços públicos de resíduos para a população.	(Fratta et. al, 2018), (Dessebell), (Polaz e Teixeira, 2009), (Milanez, 2002), (Silva, Prietto e Korf, 2019).
(64) Preferência na conversão de resíduos em energia.	(Fratta et. al, 2018), (Silva, Prietto e Korf, 2019).
(65) Eficácia da multiplicação de boas práticas em relação ao desperdício.	(Fratta et. al, 2018).
(66) Previsão dos impactos socioambientais.	(Dessebell).
(67) Indicador de Desempenho Ambiental (IDA).	(Dessebell).
(68) Contribuição do desenvolvimento econômico.	(Dessebell).
(69) Grau de abrangência de políticas públicas de apoio ou orientação às pessoas que atuam com RSU.	(Polaz e Teixeira, 2009).
(70) Percentual em peso dos resíduos coletados pelo poder público que não são encaminhados para a disposição final.	(Milanez, 2002).
(71) geração de resíduos por composição (frações): orgânico, papel, plástico, metais.	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(72) Percentagem de frota de veículos que utiliza qualquer combustível renovável.	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(73) Despesas de gestão de resíduos per capita.	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(74) Custo total da coleta de resíduos.	(Silva, Prietto e Korf, 2019).

Continuação APÊNDICE I

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	AUTOR
(75) Custo total da disposição do aterro.	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(76) Custo total de reciclagem.	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(77) Custo total de recuperação de energia.	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(78) Vendas de fertilizantes.	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(79) Receitas arrecadadas com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gestão de RSU	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(80) Eliminação de resíduos em aterros sanitários e controlados	(Silva, Prietto e Korf, 2019)
(81) Grau de não conformidade com o marco regulatório ambiental.	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(82) Utilização da água.	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(83) Taxa de reciclagem de resíduos sólidos.	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(84) Uso do solo.	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(85) Uso de energia.	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(86) Capacidade instalada total para produção de energia a partir de fontes renováveis.	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(87) Capacidade total de recuperação de material per capita (eliminação ou redução de contaminantes).	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(88) Quantidade total de RSU processados em um material recuperado <i>per capita</i> .	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(89) Porcentagem do total de RSU coletados tratados em instalações de compostagem por ano.	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(90) Quantidade de resíduos gerados nas instalações de compostagem per capita.	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(91) Quantidade de fertilizante per capita vendido (composto).	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(92) Capacidade total de instalações de compostagem <i>per capita</i> .	(Silva, Prietto e Korf, 2019).
(93) Percentagem de resíduos energeticamente recuperados.	(Silva, Prietto e Korf, 2019).