

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO RIO GRANDE DO NORTE

GIOBERT ANTONIO BRITO LOPES

**ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO  
MUNICÍPIO DE PARNAMIRIM-RN**

NATAL-RN

2017

GIOBERT ANTONIO BRITO LOPES

**ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO  
MUNICÍPIO DE PARNAMIRIM-RN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, na linha de pesquisa de Saneamento Ambiental.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> D.ra Régia Lucia Lopes.

NATAL-RN

2017

Lopes, Giobert Antonio Brito.  
L864a Análise de sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos do município de Parnamirim-RN / Giobert Antonio Brito Lopes. – 2017.  
90 f : il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

Orientador (a): Prof. D.ra Régia Lucia Lopes.

1. Gestão de resíduos sólidos. 2. Resíduos domiciliares 3. Coleta seletiva. I. Lopes, Régia Lúcia. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. III. Título.

CDU 628.4

GIOBERT ANTONIO BRITO LOPES

**ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO  
MUNICÍPIO DE PARNAMIRIM-RN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, na linha de pesquisa de Saneamento Ambiental.

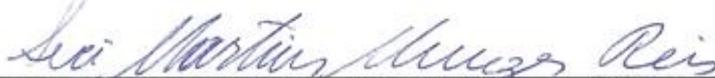
Dissertação apresentada em 15/09/17 e aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA



Régia Lucia Lopes, Prof.<sup>a</sup> Dra. - Presidente

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.



Leci Martins Menezes Reis, Prof.<sup>a</sup> Dra. - Examinadora Interna

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.



Claudia Coutinho Nóbrega, Prof.<sup>a</sup> Dra. - Examinadora Externa

Universidade Federal da Paraíba.

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), referência no ensino, na pesquisa e na extensão, e, em especial, ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais (PPgUSRN), destacando seu qualificado corpo docente, pelo suporte para a depuração de conhecimentos duradouros.

À minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dra. Régia Lucia Lopes, por indicar caminhos a serem percorridos no campo da pesquisa, que foram fundamentais para a objetividade e a valorização deste trabalho. À Prof.<sup>a</sup> Dra. Leci Martins Menezes Reis e ao Prof. Dr. Valdenildo Pedro da Silva pelas considerações que contribuíram para a solidez do estudo.

Às bancas examinadoras de qualificação e de defesa de dissertação, compostas pelo Prof. Dr. André Luiz Calado, pela Prof.<sup>a</sup> Dra. Leci Martins Menezes Reis e pela Prof.<sup>a</sup> Dra. Claudia Coutinho Nóbrega, pelos apontamentos que agregaram clareza ao norteamento do trabalho.

Aos colegas de curso, que se mostraram companheiros, cordiais no trato das questões cotidianas e ponderados nas suas considerações, pela exposição de propostas de aprimoramento para a pesquisa. Nominalmente, ao amigo Jairo Rodrigues de Souza pelas suas generosidade e paciência na elaboração dos mapas desta pesquisa.

Aos atenciosos colabores da SELIM, a Sra. Rárica de Araújo Bastos, o Sr. Gutemberg Xavier de Paiva e o Sr. Júlio Felipe da Silva; da SEMUT, o Sr. Fábio Roberto da Silva Araújo e o Sr. Bruno Magalhães; da SEPLAF, o Sr. Carlos Aurélio de Sousa; da SEMAS, a Sra. Adriana Silva Damasceno; da SEMUR, a Sra. Maria de Fátima Alencar Cabral, a Sra. Jeane Evangelista Bezerra da Silva, o Sr. Luiz Antônio Oliveira de Melo, o Sr. Nelson Monteiro Junior, o Sr. Carlos Alberto Torres e o Sr. Jorge Ubaldino Torres; e, da Estação de Transbordo de Parnamirim, o Sr. Roberto Gomes Dias, o Sr. Erivan Braz Santos, o Sr. Francisco Alcântara, o Sr. Alexandro Luiz da Silva e o Sr. José Dantas da Rocha Neto, a quem dedico imensurável gratidão.

À minha família, Rita, Esther, Nildes, Ana e Ricardo, pelo apoio basilar que me proporcionou na transposição de obstáculos e na sustentação hercúlea para manter a busca pelo alcance de meus objetivos.

Por fim, como força motriz de todas as coisas, a Deus, por me proporcionar as nobres oportunidades de conviver com pessoas diversas e de conseguir, se possível, agregar uma ínfima contribuição para a gestão de resíduos domiciliares no município ao qual dedico nove anos de atuação profissional na área ambiental.

## RESUMO

Considerando a pertinência do estudo de resíduos sólidos para a realidade do saneamento básico, esta dissertação tem como objetivo geral medir o nível de sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos do município de Parnamirim-RN no ano de 2016. Para tal, analisa parâmetros que mensuram, como objetivos específicos, a potencialidade de comercialização dos recicláveis existentes na composição gravimétrica para a implementação de um programa de coleta seletiva; o aspecto ambiental de economia de área do aterro sanitário com essa possível implementação; e o aumento de vida útil desse aterro, considerando o desvio dos recicláveis existentes na coleta convencional e na destinação final, decorrente de dada ação. A definição dos indicadores de sustentabilidade considerou sua aplicabilidade e sua convergência com a pesquisa, acarretando a seleção da metodologia proposta por Santiago e Dias (2012). Os dados foram obtidos, com ênfase nos resíduos sólidos domiciliares (RDO), a partir de informações coletadas na Secretaria Municipal de Limpeza Urbana (SELIM); na Secretaria Municipal de Meio Ambiente e do Desenvolvimento Urbano (SEMUR); na Secretaria de Tributação (SEMUT); na Secretaria de Planejamento e Finanças (SEPLAF); na Secretaria Municipal de Assistência Social (SEMAS); na plataforma disponível no sítio da prefeitura, o *Portal da Transparência*; nos órgãos governamentais relacionados à gestão de resíduos sólidos; nas legislações federal e municipal; e no Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. A análise dos indicadores revelou que a gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) apresenta baixa sustentabilidade. A partir dessa análise e da composição gravimétrica realizada, foram determinados parâmetros relativos à presença de recicláveis nos resíduos domiciliares, que demonstraram benefícios nas dimensões econômica e ambiental, bem como possíveis reflexos na dimensão social. A proposta de implementação de coleta seletiva permite estimar a redução de gastos com a coleta e a disposição final dos resíduos, assim como a diminuição da área e o aumento da vida útil do aterro sanitário. A economia financeira resultante dessa suposta implementação pode ser utilizada como respaldo para fomentar a organização de associações de catadores e de estruturas para sua operacionalização, promovendo, por conseguinte, sustentabilidade à gestão dos resíduos sólidos do município em estudo.

**Palavras-chave:** Gestão de resíduos sólidos. Resíduos domiciliares. Coleta seletiva.

## ABSTRACT

Considering the relevance of the study of solid waste to the reality of basic sanitation, this dissertation aims to measure the level of sustainability of solid waste management in the municipality of Parnamirim-RN in the year 2016. To do this, it analyzes parameters that measure, as specific objectives, the potential of commercialization of existing recyclables in the gravimetric composition for the implementation of a selective collection program; the environmental aspect of the landfill area economy with this possible implementation; and the increase in the useful life of this landfill, considering the diversion of the existing recyclables in the conventional collection and in the final disposal, due to a given action. The definition of sustainability indicators considered its applicability and its convergence with the research, leading to the selection of the methodology proposed by Santiago and Dias (2012). The data were obtained, with emphasis on household solid waste (HSW), based on information collected at the Municipal Department of Urban Cleaning (SELIM, in Portuguese); in the Municipal Department of Environment and Urban Development (SEMUR, in Portuguese); in the Tax Office (SEMUT, in Portuguese); in the Secretariat of Planning and Finance (SEPLAF, in Portuguese); in the Municipal Department of Social Assistance (SEMAS, in Portuguese); on the platform available on the city's website, the Transparency Portal; in government agencies related to solid waste management; in federal and municipal legislation; and the State Plan for the Integrated Management of Solid Waste. The analysis of the indicators revealed that the management of municipal solid waste (MSW) presents low sustainability. Based on this analysis and the gravimetric composition, parameters were determined regarding the presence of recyclables in household waste, which showed benefits in the economic and environmental dimensions, as well as possible reflections in the social dimension. The proposal for the implementation of selective collection allows estimating the reduction of waste collection and disposal costs, as well as the reduction of the area and the increase in the useful life of the landfill. The financial savings resulting from this supposed implementation can be used as support to encourage the organization of associations of waste pickers and structures for their operationalization, thus promoting sustainability to the solid waste management of the municipality under study.

**Keywords:** Solid waste management. Household waste. Selective collection.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	9
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	9
1.2	OBJETIVOS	15
1.3	JUSTIFICATIVA	15
1.4	EXTRTURA DA DISSERTAÇÃO	16
<b>2</b>	<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO</b>	17
2.1	RESÍDUOS SÓLIDOS	17
2.1.1	<b>Resíduos sólidos: conceitos e classificação</b>	17
2.1.2	<b>Exploração de recursos naturais e geração de RSU</b>	18
2.1.3	<b>Resíduos sólidos domiciliares (RDO)</b>	20
2.2	CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES	21
2.3	ETAPAS DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	22
2.3.1	<b>Coleta</b>	22
2.3.2	<b>Transporte</b>	23
2.3.3	<b>Pré-tratamento</b>	24
2.3.4	<b>Disposição final: aterros sanitários</b>	24
2.3.5	<b>Coleta Seletiva</b>	25
2.3.5.1	Catadores de materiais recicláveis	29
2.4	INDICADORES DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS MUNICIPAIS	31
2.5	SUSTENTABILIDADE	36
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	37
3.1	DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	37
3.2	DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE PARNAMIRIM	39
3.3	NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE	41
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	50
4.1	DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (GRSU) DE PARNAMIRIM-RN	50
4.1.1	<b>Gestão da coleta domiciliar da área de estudo</b>	54
4.1.2	<b>Dados financeiros da gestão dos resíduos sólidos urbanos (GRSU)</b>	56
4.1.3	<b>Legislação pertinente a resíduos sólidos no município de Parnamirim</b>	61
4.1.4	<b>Catadores de RDR no município de Parnamirim-RN</b>	61
4.1.4	<b>Composição gravimétrica do RDO</b>	62
4.2	NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (GRSU) DO MUNICÍPIO DE PARNAMIRIM-RN	64
4.3	ESTIMATIVAS DE BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS COM A IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE COLETA SELETIVA	73
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	76
	<b>REFERÊNCIAS</b>	78
	<b>APÊNDICE A</b>	89
	<b>ANEXO A</b>	90

## 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo, de caráter preludial, contextualiza questões que circundam a gestão de resíduos sólidos, contemplando, a esse respeito, um panorama em escala global e, acima de tudo, um recorte contemporâneo da localidade em estudo, o município de Parnamirim, localizado no Rio Grande do Norte. A partir dessa delimitação, apontam-se a *Contextualização do problema*, os *Objetivos*, a *Justificativa* e a *Estrutura da dissertação*.

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

A transformação da matéria prima ligada às atividades humanas resultava, inicialmente, em resíduos que consistiam em excrementos. Com o domínio da agricultura, surgiram outros, como os restos de produção e os próprios artefatos usados nesse processo. Posteriormente, o desenvolvimento das populações e da forte industrialização ocorrida no século passado acarretou uma variedade de resíduos que têm comprometido a vida da sociedade. O meio ambiente, por conseguinte, passou a sofrer interferência sistêmica, acelerando, assim, sua degradação (BIDONE; POVINELLI, 1999).

A velocidade com que os produtos estão sendo descartados gera um volume crescente de resíduos, fato que pode decorrer de uma gestão e de um manejo deficientes, envolvendo as dimensões ambiental, social e político-organizacional, vivenciadas por pequenos, médios e grandes municípios. Todavia, a gestão dos resíduos sólidos já era preocupação destacada na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida em 1992, que resultou em uma relação de compromissos entre os participantes, intitulada Agenda 21 (UNCED, 1992). O documento estabelece, em linhas gerais, a necessidade dos países refletirem a respeito das maneiras como todos os seguimentos podem cooperar para solucionar os problemas socioambientais do planeta, dentre os quais consta a crescente geração de resíduos sólidos (WALDMAN, 2010).

A tese de geração de resíduos está ligada ao crescimento da população e é apontada por autores como Lima (2004); Ribeiro e Morelli (2009); Woldman (2010); e Silva Filho (2012). O aumento da população implica a necessidade de maiores quantidades de alimentos e de bens de consumo, assim, inevitavelmente, ocorre considerável aumento de volumes de resíduos sólidos.

Ademais, Calderoni (2003) apresentou as mesmas preocupações que a Agenda 21, elaborada no evento Rio-92, assim como Lima (2004), enfatizando várias razões para os distúrbios causados pelos resíduos sólidos. Esses autores indicam a crescente poluição ambiental, que atinge rios, mares, solos e atmosfera, explícita na escassez e nos custos crescentes da energia; no aumento de custo das matérias primas e de seu eventual esgotamento; e nas dificuldades e no encarecimento para captação e suprimento de água potável. Além disso, apontam o grande déficit de aterros sanitários e os consequentes riscos oferecidos à população.

De acordo com Vilhena (2010), as pesquisas têm registrado que, cerca de 50% da população mundial vive aglomerada em áreas urbanas, ocupando uma área de 2,5% a 6% da superfície terrestre, absorvendo em torno de 75% dos recursos naturais do planeta (WOLDMAN, M., 2010) e gerando quantidades exorbitantes de resíduos sólidos. Nesse processo, a geração de resíduos não é acompanhada por uma gestão, um manejo e uma disposição ambientalmente adequados, resultando em riscos ao meio ambiente.

Segundo Abromovay et al. (2013), quando se aborda a questão dos resíduos sólidos, aborda-se o próprio metabolismo que cada aglomerado social estabelece com os ecossistemas dos quais sua reprodução é dependente. Os lixões e o não aproveitamento dos resíduos sólidos traduz uma relação doentia entre natureza e sociedade, cujo pilar está no modo como são concebidos, produzidos, distribuídos, consumidos e descartados os produtos geridos nos sistemas de coleta e de disposição remanescentes do consumo.

A geração de resíduos em escala mundial, segundo relatório publicado pelo World Bank (2012), foi de 1.290 milhões de toneladas por ano. O documento fragmentou o planeta em sete regiões, tendo a região da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) uma participação de 44 % do total gerado. A segunda região de maior geração de resíduos foi a do Leste da Ásia e do Pacífico, que tem a China como um de seus membros, com participação de 70% nas 270 milhões de toneladas anuais. A terceira maior produção foi da América Latina e região do Caribe, representando 12% do total (Tabela 1).

**Tabela 1 - Geração de resíduos sólidos por região**

Região	Geração	
	%	Milhões t/ano
África (região Sub - Sahara Africano) - AFR	5	62
Leste da Ásia e Pacífico – EAP	21	270
Europa e Ásia Central – EAC	7	93
América Latina e região do Caribe - LAC	12	160
Oriente Médio e África do Norte - MENA	6	63
Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OEDC	44	572

Sul da Ásia – SAR	5	70
Total	100	1.290

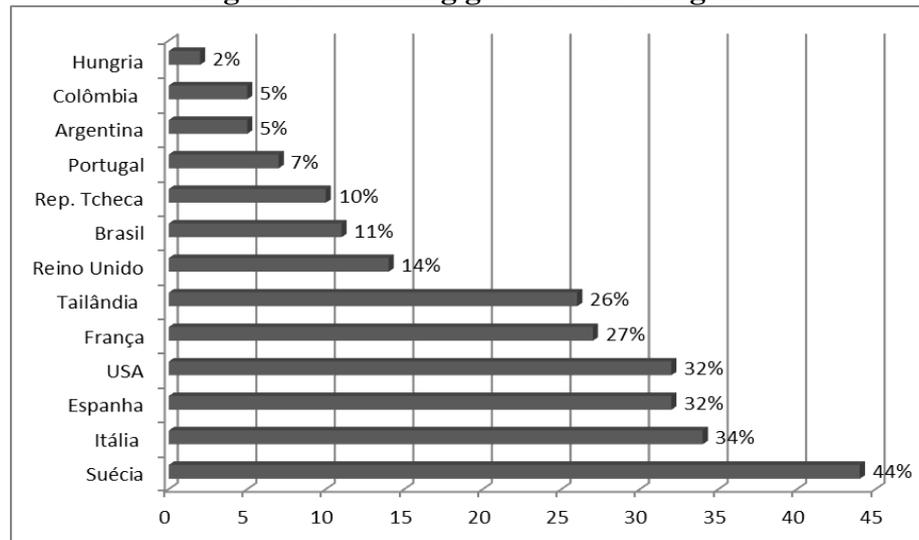
Fonte: Adaptado de World Bank (2012).

No Brasil, a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU), em 2014, foi de 78 milhões de toneladas, com um incremento de 1,7% para o ano de 2015, atingindo 80 milhões de t/ano (ABRELPE, 2016). Na região nordeste do país, em 2015, foram gerados 20,4 milhões toneladas, contra uma geração de 20 milhões no ano de 2014, o que representa um incremento de 2 %, acompanhando a média nacional. Já os níveis de coleta de RSU atingiram 78,6%, valor inferior à média nacional, que foi de 90,8% (ABRELPE, 2016).

No Rio Grande do Norte (RN), no ano de 2014, foram gerados 1,1 milhões de t/ano de RSU, tendo um incremento de 0,9% no de 2015, atingindo 1,11 milhões de t/ano, sendo a taxa de coleta desses resíduos de 88,39% (ABRELPE, 2016). Os resíduos coletados se destinam a dois aterros sanitários, que atendem a 28,2% desse material, enquanto o restante é destinado a lixões (ABRELPE, 2016). A disposição em aterros sanitários é uma das formas de destino mais utilizadas para os resíduos sólidos urbanos, no entanto, os custos associados às suas implementação e operação representam peso no orçamento municipal, necessidade de grandes áreas para sua instalação e responsabilidade de monitoramento após sua vida útil (BARROS, 2012).

Assim, a sociedade busca alternativas tecnológicas para a gestão dos RSU. Nesse contexto, a coleta seletiva e a posterior reciclagem dos resíduos são processos de gerenciamento utilizados em países desenvolvidos que devem ser introduzidos nos países periféricos e que demandam compartilhamento de responsabilidades entre poder público, geradores e iniciativa privada.

De acordo com o estudo do World Bank (2012), a reciclagem atinge 0,14 milhões de toneladas por ano na região da África (AFR) contra 125 milhões de toneladas por ano na da OEDC. Esse estudo mostra que as taxas de reciclagem são, cada vez mais, influenciadas pelos mercados, pelos custos de transporte relativos e pelos preços de *commodities*. Segundo Vilhena (2010), nos países mais desenvolvidos, a taxa global de reciclagem é maior. Enquanto a recuperação dos resíduos sólidos gerados atinge 44% na Suécia e 32% nos Estados Unidos, apenas 5% são reciclados na Argentina e na Colômbia. No Brasil, contudo, a taxa de reciclagem atinge 11%. O ranking global da reciclagem está exposto na Figura 1.

**Figura 1 - Ranking global da reciclagem**

Fonte: Vilhena (2010 p. 4).

Em termos específicos, Calderoni (2003) afirma que a reciclagem dos resíduos sólidos apresenta relevância ambiental, econômica e social, implicando várias esferas, como a da organização espacial; da preservação e do uso racional dos recursos naturais; da conservação e da economia de energia; da geração de emprego e de renda; do desenvolvimento de produtos sustentáveis; das finanças públicas; do saneamento básico; da proteção da saúde pública; e da redução de desperdício.

Segundo estimativa do Instituto de Pesquisa Aplicada (IPEA) de 2013, a reciclagem de produtos como aço, alumínio, papel (celulose) e vidro, que são encaminhados para os aterros sanitários e lixões nos municípios brasileiros, resultaria em receitas da ordem de 8 bilhões de reais em valores de 2007. Para ser efetiva, a reciclagem dos resíduos necessita de investimento, tecnologia, vontade política e educação ambiental. Os programas de sensibilização da população para a relevância da reciclagem e sua consequente participação nas ações de coleta seletiva são fundamentais nesse processo, tendo em vista a responsabilidade compartilhada, do poder público e da iniciativa privada, na gestão dos RSU.

A coleta seletiva faz parte das atividades de gerenciamento de resíduos de um município e se caracteriza pela separação de materiais recicláveis na fonte geradora, que, posteriormente, devem ser classificados por tipo em cada categoria e, assim, adquirir maior valor agregado. Após tal processo, os resíduos recicláveis, de modo geral, são encaminhados às indústrias recicladoras. A coleta seletiva pode ser efetuada por meio de coleta porta a porta ou em Postos de Entrega Voluntária (PEV). Toda estratégia de coleta depende de um planejamento prévio que considere a geração dos materiais, a sensibilização da comunidade, a logística de transporte e as políticas públicas de incentivo à sua realização.

A implementação da coleta seletiva pode promover a redução de custos para a administração pública de maneiras direta e indireta. A primeira se deve ao fato de essa forma de manejo acarretar a redução da quantidade de material enviada ao aterro sanitário, diminuindo os custos operacionais e prolongando a vida útil desse equipamento sanitário. E a segunda se deve ao fato de, além disso, essa forma de manejo favorecer a diminuição exploratória dos recursos naturais; a economia de energia no processo fabril de materiais com uso de material reciclado; e a diminuição da poluição do ar e das águas.

Além disso, essa atividade pode proporcionar viabilidade econômica para grupos de catadores organizados que se encontram à margem do seu direito à cidadania, garantindo que eles participem formalmente de um mercado propenso a sofrer grande expansão no país, conforme é preconizado pela Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010), que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Os RSU englobam materiais recicláveis, materiais orgânicos e rejeitos. A composição típica desses resíduos na América Latina e região do Caribe é de 16% de papel, 12% de plástico, 4% de vidro, 2% de metal — materiais recicláveis, com intrínseco potencial econômico —, 54% de resíduos orgânicos e 12% de outros resíduos (WORLD BANK, 2012). No Brasil, de acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, os recicláveis representam 31,9% dos resíduos gerados, enquanto os resíduos orgânicos representam 51,4% e outros resíduos representam 16,7% (BRASIL, 2012). O Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PEGIRS) do Rio Grande do Norte apresenta percentuais recicláveis de 5% para papel, 13% para plástico, 1% para vidro, 2% para metal, 37% para orgânicos e 42% para outros (SEMARH, 2012). No ano de 2006, o município de Parnamirim foi alvo de diagnóstico para o Plano Diretor de Resíduos Sólidos do Pólo Costa das Dunas, que apontou a geração de 5% de papel, 1% de vidro, 12% de plástico, 2% de metal, 47% de orgânico e 32% de outros materiais (RIO GRANDE DO NORTE, 2006).

A coleta seletiva, por meio da separação por classe de materiais, permite o retorno dos materiais recicláveis à cadeia produtiva, viabilizando a agregação de valor econômico aos resíduos. No Brasil, a coleta seletiva atinge 69,3% dos municípios (ABRELPE, 2016). No grupo de municípios entre 100 e 499 mil habitantes, porém, as iniciativas de reciclagem atingem apenas 10% do total (ABRELPE, 2015). Na região nordeste, 49,3% dos municípios praticam algum tipo de iniciativa de coleta seletiva (ABRELPE, 2016). Já no Rio Grande do Norte, apenas 5,39% dos municípios apresentam programas de coleta seletiva (SEMARH, 2012).

O município de Parnamirim, integrante da Região Metropolitana de Natal (RN), cuja composição é de catorze (14) municípios (RIO GRANDE DO NORTE, 2015), no ano de 2004, passou a ter o aterro sanitário, operado pela empresa BRASECO S/A, localizado no município de Ceará-Mirim como destinação final dos seus resíduos sólidos domiciliares (RDO). Atualmente, esse equipamento é responsável pela disposição dos resíduos domiciliares dos municípios de Ceará-Mirim, Extremoz, Macaíba, Natal, Parnamirim e São Gonçalo do Amarante. Do montante de RDO disposto mensalmente no aterro, os municípios de Natal e Parnamirim são responsáveis, respectivamente, por 65% e 16% (BRASECO, 2015).

De acordo com um diagnóstico realizado em 2006, a população estimada para o município de Parnamirim para o ano de 2016 foi de 230 mil habitantes, gerando 172 t/dia de RDO (RIO GRANDE DO NORTE, 2006). De acordo com dados da SELIM, a estimativa populacional foi atingida, no entanto, a geração de RDO chegou a 220 t/dia, (PARNAMIRIM-RN, 2015), ultrapassando em 28% a projeção realizada. No mesmo diagnóstico, foi mencionada a inexistência de coleta seletiva, apontando para um projeto, ainda em elaboração, com previsão de implementação para o primeiro trimestre de 2007 (RIO GRANDE DO NORTE, 2006). Contudo, até 2016, nenhum programa gerido pelo município foi executado.

Em 2009, o município objeto deste estudo, por meio do Plano Municipal de Saneamento Ambiental, apresentou preocupação com o manejo dos resíduos sólidos e propôs quatro projetos a serem implementados: a) *Lixo que não é lixo*: voltado para a conscientização e a educação das comunidades carentes, vislumbrando a implantação da coleta seletiva; b) compostagem: tem como objetivo a compostagem de resíduos de podas, inclusive domiciliares, com parcerias ou contratação de empresas; c) conscientização comunitária: centrado na educação ambiental e na problemática de disposição irregular de resíduos, utilizando meios de comunicação (rádio e jornal); e d) projeto operacional e serviços: focados na universalização do serviço de coleta de resíduos sólidos, com eficiência, pontualidade e regularidade (PARNAMIRIM-RN, 2009).

Entretanto, os três primeiros instrumentos não foram postos em prática e, assim, o processo de instalação de um sistema de coleta seletiva foi postergado. Todavia, a falta de uma política voltada para a coleta seletiva não inibiu a coleta de recicláveis no município, uma vez que a presença de catadores autônomos é notória em suas vias. Esses atores que movimentam o mercado de recicláveis no município estão em atividade de forma desordenada, vivendo em condições precárias e sem amparo social.

O município de Parnamirim não protagonizou ações que propiciem a implementação da coleta seletiva, uma vez que esse processo demanda investimento e tempo. Desse modo, a administração pública encaminhou a gestão dos RSU para uma ação tradicional, centrada na coleta convencional, no transporte e na disposição dos RDO no aterro sanitário. Essa prática se mostra dissonante do que preconiza o art. 9 da Lei nº 12.305 de 2010, que trata da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), em que se tem a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem como fatores de sustentabilidade na gestão desses resíduos.

Com base no exposto, percebe-se que o poder público municipal necessita de indicadores que considerem a redução da geração de RSU e a reintrodução de seus materiais recicláveis no sistema produtivo para avaliar sua gestão, conforme preconiza a PNRS. Esta estabelece o uso de indicadores de desempenho operacional e ambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos como conteúdo dos Planos Municipais de Gestão de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

Sob essa ótica, este estudo partiu da seguinte indagação: quais indicadores podem contribuir para a análise da gestão dos RSU de Parnamirim-RN e a implementação de um programa de coleta seletiva?

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é medir o nível de sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos do município de Parnamirim-RN no ano de 2016 a partir da metodologia proposta por Santiago e Dias (2012). Como objetivos específicos, propõe-se

- a) avaliar parâmetros que mensuram a potencialidade de comercialização dos recicláveis existentes na composição gravimétrica para a implementação de um programa de coleta seletiva;
- b) avaliar parâmetros que mensuram os aspectos ambientais de economia de área de aterro e de aumento de vida útil, a partir do desvio dos recicláveis existentes na coleta convencional e na destinação final, com implantação de um programa de coleta seletiva.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Este estudo se justifica na medida em que os RDO gerados no município de Parnamirim atingem mais de 220 t/dia e que a parcela desses resíduos que pode ser coletada

por programas de coleta seletiva, gerando benefícios ambientais, sociais e econômicos, comporta uma mensuração por meio de indicadores. Dessa forma, contribui para suscitar intervenções que resultem na implementação de um programa de coleta seletiva.

#### 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

No tocante à estrutura organizacional, esta dissertação é composta por cinco capítulos: *Introdução*, *Referencial teórico*, *Metodologia*, *Resultados e discussões* e *Conclusão*. Neste primeiro, *Introdução*, que conta com quatro seções, *Contextualização do problema*, *Objetivos*, *Justificativa* e *Estrutura da dissertação*, há a contextualização da temática e a delimitação e o detalhamento do objeto de investigação.

No segundo, *Referencial teórico*, que conta com cinco seções, *Resíduos sólidos — fragmentada em três subseções*, *Resíduos sólidos: conceitos e classificação*, *Exploração de recursos naturais e geração de RSU* e *Resíduos sólidos domiciliares — Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares*, *Etapas da gestão de resíduos sólidos — fragmentada em cinco subseções*, *Coleta*, *Transporte*, *Pré-tratamento*, *Disposição final: aterros* e *Coleta seletiva — Indicadores da gestão de resíduos sólidos municipais* e *Sustentabilidade*, apresentam-se a revisão bibliográfica a respeito dos resíduos sólidos e a veemência social de sua gestão.

No terceiro capítulo, *Metodologia*, que conta com três seções, *Delimitação e caracterização da área de estudo*, *Diagnóstico da gestão de resíduos sólidos de Parnamirim* e *Nível de Sustentabilidade*, descrevem-se as instruções seguidas pelo pesquisador para a execução do estudo, a técnica de caracterização dos resíduos domiciliares, a área de estudo e o diagnóstico.

No quarto capítulo, *Resultados e discussões*, que conta com três seções, *Diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos urbanos (GRSU) de Parnamirim-RN — fragmentada em quatro subseções*, *Gestão da coleta domiciliar da área de estudo*, *Dados financeiros da gestão dos resíduos sólidos urbanos (GRSU)*, *Legislação pertinente aos resíduos sólidos no município de Parnamirim* e *Catadores de RDR no município de Parnamirim — Nível de sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos urbanos (GRSU) do município de Parnamirim-RN* e *Estimativas de benefícios econômicos e ambientais com a implementação de um programa de coleta seletiva*, apresenta-se criticamente a verticalização da análise da gestão dos resíduos sólidos na área em estudo nos âmbitos ambiental, financeiro e social.

No quinto capítulo, por fim, *Conclusão*, constam as proposições da dissertação, vislumbrando a possibilidade de implementação de um programa de coleta seletiva no município em questão.

## 2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Para a ancoragem teórica deste estudo, foram explorados os conceitos de resíduos sólidos, a caracterização dos resíduos sólidos urbanos, a coleta seletiva, os indicadores de gestão de resíduos sólidos urbanos e a sustentabilidade.

### 2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

#### 2.1.1 Resíduos sólidos: conceitos e classificação

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305 de agosto de 2010, em seu art.3º, XVI, define o resíduo sólido como

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 p. 1).

A classificação dos resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, seus constituintes, suas características e a comparação desses constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujos impactos à saúde e ao meio ambiente são conhecidos (ABNT, 2004, p. 5). A classificação dos resíduos sólidos quanto à origem está descrita no Quadro 1 (BRASIL, 2010).

**Quadro 1 : Classificação quanto à origem dos resíduos sólidos**

Tipo	Composição
Urbanos	os resíduos domiciliares e resíduos de limpeza urbana
Domiciliares	os originários de atividades domésticas em residências urbanas
Limpeza urbana	os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana
Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços	os gerados nessas atividades, excetuando-se os resíduos de limpeza urbana, serviços públicos de saneamento, serviços da saúde, construção civil e serviços de transporte. obs: se caracterizados como não perigosos, podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

Resíduos dos serviços públicos de saneamento	os gerados nessas atividades, excluindo os resíduos sólidos urbanos
Industriais	os gerados nos processos produtivos e nas instalações industriais
Agrossilvopastoris	os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluindo os relacionados a insumos utilizados nessas atividades
Mineração	os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios
Serviços de saúde	os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS
Construção civil	os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluindo os resultantes da preparação e da escavação de terrenos para obras civis
Serviços de transportes	os originários de portos; aeroportos; terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários; e passagens de fronteira

Fonte: Adaptado de Brasil (2010).

Os resíduos que apresentam perigo à saúde, de acordo com seus agentes físicos químicos ou biológicos, podem levar indivíduos que estão sob sua exposição, a depender do tempo, a apresentar doenças, agravo e até morte. Esse é o caso dos resíduos perigosos, classe I (ABNT, 2004), gerados nos processos de produção e de consumo da sociedade, apresentando potencial de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas, afetando, por consequência, a flora e a fauna das regiões próximas e podendo atingir o homem e o meio ambiente (MS, 2006 p. 20).

Os resíduos sólidos, conforme afirma Sisino (2000), podem provocar um sentimento de rejeição, de falta de serventia no ser humano. O preconceito em relação a objetos usados gera uma postura nociva em uma sociedade desigual que exclui aquele ator que não participa do ciclo pernicioso de descarte do obsoleto e de consumo desmedido.

### 2.1.2 Exploração de recursos naturais e geração de RSU

Devido à expansão da economia mundial, associada ao aumento desmedido do consumo, a geração de resíduos tem criado problemas socioambientais. Para atender à demanda global, os recursos naturais estão sendo explorados em quantidade e velocidade sem precedentes. O sistema produtivo, além de consumir recursos, faz retornar ao meio ambiente um volume crescente de materiais na forma de resíduos (DEMAJOROVIC, 2013).

Além disso, o fluxo de materiais na economia segue, majoritariamente, um caminho linear, que compreende a extração da natureza, a produção de um bem, o uso desse bem e o seu descarte. Sendo assim, como os recursos naturais e os espaços para depositar resíduos são limitados, é necessário abandonar o caminho linear e buscar um caminho circular, em que a extração de matérias virgens e o descarte de resíduos sejam minimizados (STRAUCH;

Aponta-se que as soluções para os RSU devem ter como princípio a redução máxima dos materiais consumidos e dos resíduos produzidos na fonte. Considerando que a geração não pode ser evitada, os resíduos resultantes devem ser reciclados, seja por reutilização ou por recuperação, para que sua menor parcela tenha como destino final os aterros sanitários ou outros locais impróprios (CÂNDIDO, 2010).

Os resíduos gerados mudam ao longo do tempo, acompanhando as mudanças tecnológicas, culturais e comportamentais das sociedades humanas, tal como se observa pelo descarte de computadores e de telefones celulares, que é um fenômeno recente (CALIJURI, 2013). Vilhena (2010) menciona as condições climáticas, as características de sexo, a idade e o número de habitantes dos municípios como fatores que influenciam a geração de resíduos. Monteiro (2006), Domingos e Boeira (2015) acrescentam a esses fatores as épocas especiais do ano, como dias comemorativos e férias escolares. O aumento da geração de resíduos e de produtos reflete na rapidez com que os recursos naturais são explorados. Isso ocorre sem a devida reposição, consumindo parte dos recursos e transformando a outra parte em sobras com características prejudiciais, superando a capacidade de resiliência da natureza (STRAUCH; ALBUQUERQUE, 2008).

É quase impossível, portanto, oferecer uma destinação adequada aos resíduos que são gerados diariamente, haja vista que, cada vez mais, em virtude dos processos de urbanização e de crescimento dos municípios, faltam locais adequados para esse fim, fato que propicia os impactos causados pela disposição final ambientalmente inadequada dos resíduos sólidos (CÂNDIDO; LIRA, 2013).

A disposição inadequada de resíduos sólidos pode causar impactos e gerar poluição no solo, nas águas e no ar, afetando também o bem-estar das populações circunvizinhas às áreas de disposição de resíduos urbanos e industriais, provocando impactos visual e emotivo, envolvendo sensações de medo, nojo e saúde. Essa exposição diz respeito a agentes patogênicos ou a substâncias químicas, que podem comprometer a qualidade de vida dessas populações (SISINNO, 2000; MOTA, 2012).

A poluição do solo urbano, por exemplo, tem como uma das causas os resíduos gerados pelas atividades econômicas típicas de cidades, a exemplo da indústria, do comércio e dos serviços, produzindo RSU que são lançados no solo sem cuidado ou tratamento algum (BRAGA et al., 2005). A disposição de RSU de forma indiscriminada, ao longo do tempo, ocasiona a infiltração dos líquidos gerados na decomposição dos resíduos, aos quais se soma a fração das águas pluviais que infiltra no solo. Nessa passagem, lixiviam esses resíduos,

carregando substâncias para as camadas mais profundas do solo e para os aquíferos subterrâneos, contaminando esses mananciais (DERISIO, 2007).

A poluição do ar, como apontado por Acurio (1997), também pode ser causada pelos resíduos, provocada, por exemplo, por queimadas indiscriminadas a céu aberto, atingindo comunidades vizinhas à área de disposição. Essas populações apresentam queixas quanto a distúrbios respiratórios, não só pela poeira suspensa, mas também pelo odor desagradável e pelo efeito irritante de algumas substâncias voláteis, causadoras de náuseas, dores de cabeça e irritações precursoras de problemas de visão.

Segundo Calderoni (2003), a palavra *resíduo* é adotada, muitas vezes, com o significado de sobra no processo fabril ou produtivo, sendo utilizada como sinônimo de refugo ou rejeito.

### **2.1.3 Resíduos sólidos domiciliares (RDO)**

Os resíduos sólidos domiciliares (RDO) se caracterizam como materiais sólidos sem valor econômico que o possuidor ou proprietário deseja descartar, atribuindo ao sistema público de coleta sua destinação final (CALDERONI, 2003). Os resíduos sólidos domésticos ou residenciais são aqueles gerados nas atividades realizadas em casas, apartamentos, condomínios e demais edificações residenciais (AQUINO, 2007, p. 9).

Os RDO são constituídos por uma parcela orgânica, composta por restos de alimentos, folhagem e outros detritos putrescíveis, e por uma outra parcela, composta por papéis, plásticos, vidros, latas (metais), embalagens diversas e material de varredura (MOTA, 2012). A parcela orgânica representa 50% dos RDO do total pesquisado nos estudos de Rezende (2013), viabilizando a implementação de um sistema de compostagem no município. Para Domingos e Boeira (2015), a fração orgânica dos RDO também se destacou nos estudos realizados na cidade de Florianópolis, representando 46,35% do total de RDO caracterizado. Esse valor está abaixo da média nacional, que, segundo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, é de 51,4% (BRASIL, 2012)

Com o lançamento contínuo de novos produtos no mercado, os resíduos domiciliares apresentam itens classificados como perigosos, dentre os quais estão pilhas e baterias, óleos automotivos, tintas, pesticidas, embalagens de inseticidas, solventes e produtos de limpeza. Além desses, há metais pesados como o mercúrio, proveniente de baterias, lâmpadas, termômetros, medicamentos, cosméticos e material hospitalar, bem como de resíduos de pequenas indústrias, que são depositados indevidamente na coleta pública (SISINNO, 2000;

VILHENA, 2010) e que devem ter sua gestão por meio da logística reversa compartilhada entre produtores, consumidores e poder público.

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

A caracterização dos resíduos sólidos domiciliares pode ser realizada com o auxílio do procedimento pelo qual o peso e a densidade dos resíduos sólidos são mensurados, objetivando suas quantificação e caracterização. Segundo Zanta et al. (2006, p. 6), “a composição gravimétrica é usada para avaliação de alternativas tecnológicas de tratamento, fornecendo, juntamente com a taxa de geração, uma estimativa da quantidade gerada por cada categoria avaliada”. Considerando a determinação da composição gravimétrica, é possível identificar a porcentagem média de matéria orgânica e de materiais recicláveis existentes nos RDO, que podem ser objeto de programa de coleta seletiva (DAL PONT et al., 2013).

O estudo gravimétrico consiste na análise da decomposição física de uma amostra de resíduos. Por meio desse processo, pode-se estabelecer o percentual (fração) de cada tipo de resíduo (orgânico, papel, plástico, metal, vidro e outros) em determinada região, permitindo dimensionar sistemas de tratamento, transporte e disposição final (MMA, 2016). O estudo e a análise das características físicas dos resíduos sólidos consistem em ferramentas cruciais para o poder público municipal, uma vez que, com as informações coletadas, o responsável pela limpeza pública poderá observar as mudanças ocorridas nos aspectos indicativos de quantidade, características e rejeitos gerados na região (COSTA et al., 2012).

Para ser executada, a composição gravimétrica necessita de uma metodologia que permita desempenhar ações que orientem a coleta das amostras a serem caracterizadas. Para tal, utiliza-se o método de quarteamento, que consiste na separação de quatro amostras iguais (em recipientes de 200 litros), pré-homogeneizadas, retiradas de uma pilha maior de RDO. Essas amostras são agrupadas de duas em duas, de forma diametralmente oposta, formando um polígono quadrado. Em seguida, são descartadas duas das amostras posicionadas dessa forma e são unidas as duas restantes, homogeneizando-as novamente e refazendo o processo de descarte entre quatro amostras até a obtenção do volume desejado (ABNT, 2004a; VILHENA, 2010).

A análise gravimétrica é basilar para o diagnóstico da composição dos RDO, uma vez que seus resultados indicam o perfil das categorias avaliadas existentes nesses resíduos. Essa análise propicia a indicação de alternativas técnicas para a realizações de ações de tratamento

que conduzam à implementação da coleta seletiva nas regiões diagnosticadas (LOPES, MORENO et al., 2007; COSTA et al., 2012; DAL PONT et al., 2013).

### 2.3 ETAPAS DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A gestão e o gerenciamento de RSU têm por objetivo um agrupamento de etapas e tecnologias que aperfeiçoam, e, conseqüentemente, reduzem os impactos ambientais na obtenção do produto final resultado do manejo de resíduos sólidos urbanos (SANTAELLA; et al., 2014).

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) preconiza como gerenciamento de resíduos sólidos (RS) as etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento, destinação final ambientalmente adequada dos RS e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. O mesmo preceito legal define que a gestão dos resíduos está centrada em atitudes que buscam soluções que, sob a égide do controle social e do desenvolvimento sustentável, considerem as dimensões ambiental, cultural, econômica, política e social (BRASIL, 2010).

#### 2.3.1 Coleta

A coleta dos resíduos é precedida pelo seu acondicionamento. Este, essencial para a gestão, deve transcorrer em recipientes sanitariamente adequados, compatíveis com suas características e propriedades físicas, químicas e biológicas. A importância desse processo se reflete em minimizar riscos de manuseio, evitando acidentes; proliferação de vetores; impactos visual e olfativo; e redução de heterogeneidade de materiais no caso de existência de coleta seletiva. Para o êxito dessa operação, a participação eficaz dos geradores de resíduos é decisiva (BARROS, 2012a; MONTEIRO et al., 2006).

A coleta consiste no processo de reunir os resíduos sólidos acondicionados corretamente, objetivando seu transporte, podendo ter como destino uma estação de transbordo, uma estação de tratamento ou um aterro sanitário (BARROS, 2012). Considerando que o tempo de permanência dos resíduos gerados em sua fonte ou em logradouros públicos é um fator determinante para a GRSU, três aspectos devem ser considerados e atendidos:

- a regularidade da coleta, com dias e horários pré-estabelecidos;
- a frequência da coleta, uma vez que o tempo transcorrido entre a geração e o destino final não deve exceder uma semana;

- o horários da coleta, que deve ocorrer em dois turnos, com rotas otimizadas, ponderando o menor impacto no trânsito e na geração de ruídos nas áreas residenciais (MONTEIRO et al., 2006).

Os tipos de coleta de resíduos são selecionados a depender da função de suas características ou de suas condições operacionais, como a topografia, a conformação urbana ou a cultura da localidade. Os resíduos urbanos são compostos por materiais diversos, que, muitas vezes, têm de ser tratados em função de sua geração, suas características, seu volume e sua periculosidade. Desse modo, necessita-se de um serviço de coleta especial para determinados resíduos, sendo esses os da construção civil (RCC); dos serviços de saúde (RSS); perigosos; dos serviços de capina; da roçagem; da varrição; de podas; e de desobstrução do sistema de drenagem, tendo em vista que podem oferecer incômodos e riscos à sociedade. (BARROS, 2012).

### 2.3.2 Transporte

O transporte dos RDO se dá em função das características dos resíduos; de sua quantidade; da topografia da localidade; do processo desenhado, com ou sem estação de transferência; e, principalmente, dos recursos disponibilizados pelo município. Os veículos utilizados para esse fim podem ser muito diversificados (MONTEIRO, 2006), a exemplo dos caminhões compactadores de 7 m<sup>3</sup>, 10 m<sup>3</sup>, 15 m<sup>3</sup> e 19 m<sup>3</sup>, utilizados na coleta de RDO; dos caminhões baú/basculante, utilizados na coleta de resíduos de varrição, na limpeza de bocas de lobo e na coleta de RCC; e das carretas *rool-on/roll-off*, com ou sem compactação, utilizadas para transporte em escala de RDO das estações de transbordo para os aterros sanitários (MONTEIRO, 2006; VILHENA, 2010; BARROS, 2012).

Nos centros urbanos de médio e grande porte, a expansão urbana ocorre de forma natural, tornando inviável a aquisição de áreas para a instalação de equipamentos sanitários, tais como um aterro sanitário ou uma unidade de compostagem. Isso ocorre devido às exigências ambientais, à possível desvalorização das áreas do entrono, à escassez de grandes áreas e ao custo elevado da aquisição de terras urbanas. Esses fatores têm aumentado a distância entre a fonte de geração de resíduos e a sua destinação final. Além disso, os transportes utilizados para a coleta de resíduos se tornam ineficazes sob os aspectos de escala (volume transportado), distância e tempo (MONTEIRO, 2006; BARROS, 2012).

A distância entre os pontos de coleta e de destinação final podem ocasionar aumento de exposição dos resíduos na fonte geradora, atraso nas rotas de coleta, aumento do tempo

improdutivo da guarnição (equipe de trabalhadores que atua na coleta) à espera do retorno do transporte, redução da produtividade dos caminhões de coleta (veículos especiais) e elevação de custos (MONTEIRO, 2006). A alternativa adotada para o enfrentamento desses obstáculos é a instalação de estação de transferência ou transbordo, que tem como objetivo principal a diminuição de custos do processo, com potencialização da eficiência da etapa de coleta e agregação de ganho em escala para envio de resíduos aos aterros sanitários (BARROS, 2012).

O processo de transferência ocorre entre os caminhões coletores de RSU para transportes com maior capacidade de carga (BARROS, 2012a). Como pré-requisito para a viabilização da instalação desse equipamento sanitário, devem ser observados aspectos como a distância entre a área de disposição final e a área de coleta, que deve ser menor do que 30 km (ida e volta); o tempo de ida ao e de volta do local da disposição final, que tem de ser superior 3 horas; e a quantidade de RSU coletada, que deve justificar a implementação (SANTAELLA et al., 2014)

### **2.3.3 Pré-tratamento**

O processo tem como objetivo principal a redução mecânica do volume dos resíduos sólidos, que, por consequência, constitui melhora nas condições de transporte e de acomodação nas áreas de aterro. A implementação dessa etapa requer alto índice de mecanização, representando volumoso aporte financeiro para sua instalação, apresentando como benefício um produto final de uniformidade relativa e de volume extremamente reduzido (BARROS, 2012).

Como métodos usados nesse processo, podem ser citados a segregação manual de resíduos perigosos; a redução de dimensão com trituração e moagem; a separação de tamanho por processo mecânico com peneiras; a segregação por carga eletrostática ou permeabilidade magnética (metais ferrosos e não ferrosos); a redução de densidade por compactação, secagem e desidratação; a prensagem; o enfardamento; e o manuseio de metais (BARROS, 2012). Contudo, essa etapa não é comum em pequenos ou médios centros urbanos do Brasil.

### **2.3.4 Disposição final: aterros sanitários**

De acordo com a PNRS (BRASIL, 2010), a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o

aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos ambientais, tal como a disposição final em aterros sanitários. Além disso, essa legislação preconiza metas para a disposição de rejeitos nessas unidades, tendo em vista os processos intermediários que podem ser utilizados para minimizar a disposição no solo de forma a proteger o meio ambiente e a saúde pública. No Brasil, de acordo com a ABRELPE (2016), a disposição de RSU em aterros sanitários é feita com 58,7% dos resíduos coletados, enquanto a disposição em lixões é feita com 41,3% desses resíduos.

O aterro sanitário é um processo de disposição final de RSU de operação simples, apesar disso, apresenta obstáculos como a necessidade de grandes áreas; a vida útil limitada; os custos de transporte para instalações distantes dos grandes centros urbanos; a influência das condições meteorológicas na operação; a necessidade de fontes de material para cobertura; a desvalorização das áreas circunvizinhas; e o tratamento e o monitoramento de gases e líquidos percolados. Ademais, após o término de sua vida útil, deve-se manter um sistema de monitoramento dos gases drenados e da qualidade das águas subterrâneas, pois as atividades microbianas continuam a se desenvolver no interior de suas células (VILHENA, 2010; BARROS, 2012; BARROS, 2012a).

### **2.3.5 Coleta Seletiva**

Além das etapas citadas, a coleta seletiva se apresenta como uma ação crucial para que haja a reciclagem dos materiais. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) (2016), dentre os 5.570 municípios pesquisados no país, 1.711 apresentam alguma forma de iniciativa voltada para esse processo. Na região nordeste, dos 1.794 municípios pesquisados, 910 apresentam algum tipo de ação de coleta seletiva. Assim, tem-se uma taxa de participação com processos de coleta seletiva, nos municípios em escala nacional e na região nordeste, de, respectivamente 30,7% e 50,7%.

A coleta seletiva é um sistema de recolhimento de materiais recicláveis ou reutilizáveis previamente separados na fonte geradora. Pressupõe-se, portanto, que esses materiais sejam separados pelo gerador, podendo ser vendidos às indústrias recicladoras ou aos sucateiros. A PNRS e a norma NBR 12.980/1993, que define os termos utilizados na coleta, na varrição e no acondicionamento de resíduos sólidos urbanos, conceituam a coleta seletiva como sendo a que remove os resíduos sólidos segregados previamente pelo seu gerador conforme sua constituição ou sua composição (BRASIL, 2010; ABNT, 1993).

De acordo com art. 10º da PNRS, os resíduos sólidos originados do município deverão ser geridos pelo titular. Segundo essa política,

incumbe ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios, sem prejuízo das competências de controle e fiscalização dos órgãos federais e estaduais do Sisnama, do SNVS e do Suasa, bem como da responsabilidade do gerador pelo gerenciamento de resíduos, consoante o estabelecido nesta Lei (BRASIL, 2010, p. 3).

A incumbência deve estar alinhada aos objetivos da referida legislação, que, em seu art. 7º, inciso II, especifica que a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem e o tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, serão metas a serem alcançadas pelo município. Uma das ações para alcançar esse objetivo seria a implementação da coleta seletiva, que retira os resíduos recicláveis da coleta convencional de resíduos, conduzindo à redução da carga sobre o serviço público de limpeza.

A reciclagem, uma das finalidades da coleta seletiva, resulta de uma sequência de ações, nas quais os materiais são coletados, separados e processados para serem usados como matéria prima na manufatura de novos produtos. E, para que seja efetiva, depende intimamente de um processo formativo de educação ambiental, voltado para sensibilização da comunidade acerca dos problemas relacionados ao desperdício e aos seus reflexos na exploração dos recursos naturais (VILHENA, 2010; SEMARH, 2012; SANTAELLA; et al., 2014).

Dessa forma, observa-se que a coleta seletiva se ancora no seguinte tripé: **tecnologia**, necessária para a execução da coleta, a separação dos materiais e a sua reciclagem ou o seu reúso; **mercado**, necessário para o escoamento do material recuperado; e **conscientização**, necessária para motivar a participação da população da região (VILHENA, 2010). Os tipos de coleta seletiva mais utilizados nos programas municipais são:

- porta a porta: coleta que ocorre diretamente na fonte geradora, requerendo infraestrutura logística dependente do agente coletor, sendo esse o poder público, o catador, o sucateiro ou a iniciativa privada (BARROS, 2012; BENSEN, 2016);
- ponto a ponto: contentores específicos por tipo de resíduo, divididos, de modo geral, em poucas categorias, a exemplo de úmidos, secos, recicláveis e não recicláveis, abastecidos pela população e distribuídos em logradouros públicos ou em locais particulares (BARROS, 2012; BENSEN, 2016);
- postos de entrega voluntária (PEV) ou locais de entrega voluntária (LEV): distribuídos no município com coletores para tipos específicos de resíduos recicláveis,

identificados pela cor ou pela simbologia do material. Não devem distantes dos pontos de geração para não desestimular a população (BARROS, 2012; BENSEN, 2016);

- sistema de troca por produtos ou serviços (BENSEN, 2016).

Para implementação de um programa de coleta seletiva, algumas etapas devem ser desenvolvidas e aplicadas. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA) (2010a), há duas grandes etapas: a de planejamento e a de implantação propriamente dita (Quadro 2).

**Quadro 2 : Etapas de implementação da coleta seletiva**

<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>
Planejamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- diagnóstico da situação dos resíduos sólidos secos domiciliares gerados no consórcio;</li> <li>- definição de objetivos e metas de curto, médio e longo prazo;</li> <li>- definição de programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas traçadas;</li> <li>- definição das estruturas física e gerencial necessárias;</li> <li>- programas e ações de capacitação técnica e de educação ambiental voltados para a implantação e a operacionalização da coleta seletiva;</li> <li>- investimentos necessários e sistema de cálculo dos custos da atividade de coleta seletiva, bem como a forma de cobrança;</li> <li>- sistema de monitoramento e avaliação sistemática, por meio de indicadores de desempenho operacional e ambiental, da eficiência e da eficácia das ações programadas;</li> <li>- ações para emergências e contingências.</li> </ul>
Implantação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- elaboração de projetos;</li> <li>- realização de obras;</li> <li>- aquisição de veículos, equipamentos e materiais;</li> <li>- estruturação de grupos de catadores e apoio à sua organização;</li> <li>- sensibilização e mobilização dos geradores;</li> <li>- capacitação das equipes envolvidas;</li> <li>- articulação de parcerias;</li> <li>- operação da coleta;</li> <li>- operação das unidades de triagem.</li> </ul>

Fonte: MMA (2010a).

Nos municípios, a implementação de programas de coleta seletiva como modelo de gestão para os resíduos sólidos enfrenta o percalço financeiro, tendo em vista que, para as prefeituras, a introdução desse sistema significa a troca do sistema de coleta em execução, traduzindo-se em custo elevado. Além disso, aponta-se a ausência de mercado regional para os produtos recicláveis, cujo valor de venda não consegue, via de regra, cobrir os custos de coleta, armazenamento, transporte e processamento (CALDERONI, 2003).

O fato é que a questão da viabilidade econômica da reciclagem dos resíduos sólidos tem sido negligenciada nos estudos desenvolvidos, que a consideram isoladamente, desconsiderando os ganhos sociais e ambientais que decorrem da implementação de um sistema de coleta seletiva. Isso empobrece sua compreensão em termos amplos, dificultando a

contextualização, os interesses de cada um dos agentes, e, em particular, o interesse da sociedade como um todo (CALDERONI, 2003).

Além disso, a coleta seletiva gera aspectos que, de fato, comprometem os programas instalados. A prefeitura de Natal-RN, considerada modelo em 2003, ainda revela baixos índices de material recuperado, não obtendo relevância na inclusão socioeconômica dos catadores no programa. Corroborando isso, verifica-se que, no ano de lançamento do programa, havia 466 catadores inscritos, reduzidos para 160 em 2011 (FIGUEIREDO, 2013). É fundamental que os resíduos recebam importância no contexto produtivo, uma vez que podem se tornar matéria prima beneficiada para muitos processos.

Os resíduos sólidos foram categorizados como insumos a partir da promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), passando a ser qualificados como produtos oficialmente (DEMAJOROVIC, 2013). Segundo Santos (2012), como instrumento jurídico, a PNRS “traz uma proposta importante quando atribui valor econômico e diferencia rejeito de resíduos. Trata-se de algo novo, que agrega valor monetário a materiais que, em sua maioria, eram destinados para aterros ou lixões”.

Para Monteiro (2006) e Santos (2012), os resíduos têm valor comercial que pode ser agregado à cadeia produtiva e cria novas oportunidades de trabalho e de geração de renda para vários setores da sociedade. Estima-se que, por ano, caso a reciclagem de materiais como o aço, o alumínio, o plástico e o vidro fosse disseminada no país, cerca de R\$ 8 bilhões poderiam ser utilizados para a geração de renda. Tal montante, a título de comparação, corresponde a 20% do produto interno bruto (PIB) do município de Belo Horizonte (MG) e ao quase triplo do orçamento do Ministério do Meio Ambiente em 2007. Ou seja, valores que poderiam ser revertidos em benefícios para a sociedade estão sendo direcionados a aterros e lixões (IPEA, 2013). Calderoni (2003), a esse respeito, aponta a importância da viabilidade econômica da reciclagem em sua pesquisa, que demonstrou que centenas de bilhões de dólares eram movimentados em países como os Estados Unidos, o Japão, o Brasil e alguns da Europa.

Para o êxito da implementação de um programa de coleta seletiva, destaca-se a necessidade de apoio da população municipal. Para a sensibilização desse ator, é indispensável a compreensão da importância da separação dos materiais recicláveis na fonte geradora. Isso só pode ocorrer com ações de educação ambiental, instrumento primordial para a transformação de conceitos e ações (BISPO, 2013). Assim, estudos voltados para os resíduos sólidos que objetivem nortear ações para uma gestão sustentável devem valorar esses materiais a fim de reinseri-los no processo produtivo. A partir dessa valoração, os catadores

de recicláveis, envolvidos na execução do processo de coleta seletiva diretamente, devem, proporcionalmente, ser reconhecidos como elementos fundamentais do sistema reverso de materiais recicláveis.

#### 2.3.5.1 Catadores de materiais recicláveis

O cenário urbano brasileiro abarca vários segmentos sociais, dentre os quais estão os catadores de resíduos recicláveis, presentes em municípios de pequeno e grande porte. Sua atuação tem registros que datam do século XIX, evidenciando que sua atividade se desenvolveu com o processo de urbanização do Brasil. Trata-se de uma parcela social composta por indivíduos que não conseguiram inserção no mercado de trabalho formal e que se inserem no contexto em questão para atender às necessidades imediatas de sobrevivência (IPEA, 2017). Eles compõem uma massa de desempregados que, devido à idade, à condição social, à baixa escolaridade e à exclusão do mercado tecnológico/digital, com históricos de vidas marcados pela criminalidade, pelo preconceito e pelos dramas pessoais, não encontra outra forma de digna de subsistência (PINHEL, 2013). Contudo, mesmo nesse contexto adverso, esses trabalhadores buscam estratégias de ação coletiva distintas, vislumbrando a representação política; a mobilização de trabalhadores e de suas famílias; o reconhecimento social; a aquisição de cidadania; e os ganhos produtivo-econômicos. Assim, suscitam a concretização de uma organização voltada para as associações e cooperativas, alicerçando uma força coletiva de trabalho (IPEA, 2017).

Apesar da promulgação da PNRS, a situação desse contingente quase não mudou no decorrer dos últimos anos. A precarização e a vulnerabilidade social desses atores ultrapassam as questões referentes aos direitos trabalhistas, uma vez que a necessidade de atender a um mercado que exige quantidade significativa de materiais para a comercialização fragiliza não só o catador de rua independente, mas os grupos organizados de catadores (PINHEL, 2013). Além disso, a variação do dólar e das *commodities*, que estão relacionadas a produtos derivados do petróleo (plástico), do minério de ferro, do alumínio e da celulose, influenciam de forma negativa os proventos desses atores. Somados a esse cenário, existem os períodos de crises econômicas, em que as unidades produtivas, visando à redução de custos, podem utilizar a matéria-prima virgem ao invés da reciclada.

Os eventos descritos obrigam os catadores a ampliar sua jornada de trabalho de forma exaustiva para compensar a perda de valor comercial de seus produtos (IPEA, 2017). Apesar da precariedade desse universo, o poder público, no âmbito federal, publicou uma série de

normas legais para o apoiá-los. No Quadro 3, estão relacionadas as legislações que devem exercer ação direta para a consolidação do mercado de trabalho dos catadores.

**Quadro 3 : Legislação Federal concernente aos catadores de recicláveis**

<b>Legislação</b>	<b>Abordagem</b>
Lei Nº 5.764 de 16 de Setembro de 1971	Define a política nacional de cooperativismo e preconiza outras providências.
Decreto Nº 5.940 de 25 de Outubro de 2006	Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta na fonte geradora e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, bem como preconiza outras providências.
Lei Nº 11.445 de 05 de Janeiro de 2007	Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e preconiza outras providências. Em seu art.57, estipula a dispensa de licitação para a contratação de associações ou cooperativas de catadores para o serviço de coleta seletiva
Lei Nº 12.305 de 2 de Agosto de 2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e preconiza outras providências.
Decreto Nº 7.404 de 23 de Dezembro de 2010	Regulamenta a Lei no 12.305 de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa; e preconiza outras providências.
Decreto Nº 7.405 de 23 de Dezembro de 2010	Institui o Programa Pró-Catador; denomina de Comitê Interministerial para a Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis o Comitê Interministerial da Inclusão Social de Catadores de Lixo, comportando sua organização e seu funcionamento; e preconiza outras providências.
Lei Nº 12.690 de 19 de Julho de 2012	Trata da organização e do funcionamento das Cooperativas de Trabalho e institui o Programa Nacional de Fomento às Cooperativas de Trabalho (PRONACOOOP). Consiste na Nova Lei do Cooperativismo.

Fonte: Brasil (1971; 2006; 2007; 2010; 2010a; 2010b; 2012a).

Segundo o IPEA (2013a), no Brasil, existem 397.910 catadores. Na região nordeste, localizam-se 116.528 deles, incluindo o Rio Grande do Norte, com uma parcela de 8.853. O perfil dessas pessoas, considerando faixa etária, gênero e raça/cor, está descrito na Tabela 2.

**Tabela 2 – Perfil de catadores do Rio Grande do Norte**

<b>Perfil</b>	<b>Descritor</b>	<b>%</b>			
		<b>BR</b>	<b>NE</b>	<b>RN</b>	<b>MÉDIA</b>
Faixa Etária	0 - 17	2,1	3,7	3,2	3,00
	18 - 29	25,5	27,3	27,1	26,63
	30 - 49	48,0	50,8	51,0	49,93
	50 - 60	15,8	13,5	14,0	14,43
	maior - 60	6,5	4,7	4,7	5,30
Gênero	mulher	31,1	29,3	17,4	25,93
	homem	68,9	70,7	82,6	74,07

Raça/cor	pretos e pardos	66,1	78,5	71,2	71,93
	brancos e outros	33,9	21,5	28,8	28,07

Fonte: IPEA (2013; 2013a).

Nota: BR – Brasil; NE – Região Nordeste; RN – Rio Grande do Norte.

A faixa etária que representa a maior concentração de trabalhadores nas três esferas é a de 30 a 49 anos. No Brasil, é de 39,4 anos, atingindo 48,0%. Na região nordeste, é de 38,3 anos, com taxa de 50,8%. No RN, contudo, a faixa ultrapassa as médias nacional e regional, atingindo 51,0%. Observa-se, ademais, que a segunda faixa etária com maior número de catadores é a de 18 a 29 anos, que apresenta pequena variação nas esferas estudadas, com uma média de 26,63%. Observam-se, por fim, os trabalhadores jovens e maiores de 60 anos, que totalizam juntos 8,3% dos trabalhadores (IPEA, 2013; IPEA, 2013a).

Com relação à força de trabalho exercida por homens e mulheres, verifica-se que a mão de obra masculina atinge uma maioria de 72%. Essa discrepância pode ter como um dos fatores a dupla jornada de trabalho executada pelas mulheres no trato com a família e com o lar, colocando a atividade em questão como complemento de suas funções diárias (IPEA, 2013).

A participação de trabalhadores negros dos dois gêneros alcança a taxa de 66,1% no país. Em outras palavras, de cada três trabalhadores que exercem a atividade de catador, dois são negros. O Rio Grande do Norte, apesar de apresentar a menor média da região nordeste para essas pessoas (71,2%), ainda está acima da média nacional. Sob essa ótica, assevera-se que conhecer o perfil dos catadores é crucial para a definição de políticas públicas voltadas para desenvolvimento de seu segmento (IPEA, 2013a).

#### 2.4 INDICADORES DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS MUNICIPAIS

A gestão de resíduos sólidos abrange várias dimensões que devem ser monitoradas ao longo do tempo, visando, sobretudo, a analisar a realidade e a permitir melhorias ou readequações com a tomada de decisões e a promoção de intervenções no processo de gestão. Essa análise pode feita com o auxílio de indicadores de gestão.

A principal característica que define um indicador é a promoção do entendimento do problema para o público em geral e para os tomadores de decisão por meio da quantificação e da simplificação eficazes da informação (GUERRERO; ERBITI, 2004). Os indicadores são habitualmente utilizados para aferir o desempenho dos sistemas de gerenciamento e fornecer uma base de comparação e classificação do sistema investigados (GREENE; TONJES, 2014).

Recorrendo aos indicadores, pode-se mensurar e verificar os sistemas; potencializar a tomada de decisão, fornecendo dados para uma avaliação das operações da empresa, dos produtos e dos serviços; melhorar o *benchmarking*; e aprimorar o monitoramento das alterações necessárias para as práticas empresariais ao longo tempo (MENDES et al., 2011).

Os indicadores têm seu significado aplicado no sentido de norma, padrão, meta e objetivo. Na conjuntura de indicadores sustentáveis, pode-se afirmar que os conceitos de norma e padrão são correlatos, reportam a valores determinados ou obtidos por consenso social e pretendidos pelos poderes públicos, que são aplicados dentro de um valor técnico de referência a partir do senso normativo. Desse modo, podem representar um modelo analítico legítimo, estruturado por uma metodologia lógica de medição. A mensuração tem como meta precípua auxiliar os tomadores de decisão na apreciação do desempenho dos objetivos estipulados, que fornecerão lastro para planejamento de futuras ações (VAN BELLEN, 2002). Sendo assim, um indicador deve expressar claramente a situação específica que necessita de análise.

Os indicadores são valiosos instrumentos para aferir uma realidade, uma situação ou fato, permitindo sua apreciação no momento em que se desenrolam. Possibilitam a tomada de decisões e a promoção de intervenções de ajustamento no processo (BESEN, 2013). Em uma organização ou em uma instituição, pública ou privada, existem fenômenos que devem ser monitorados e informações que necessitam ser analisadas, objetivando verificar sua eficácia. Desse modo, o uso de indicadores vai ao encontro desse propósito, pois sua aplicação permite a medição de um fenômeno para conhecê-lo, monitorar sua evolução, praticar ações de intervenção ou ter uma tomada de decisão bem embasada (MILANEZ, 2002).

O indicador, em termos práticos e objetivos, é uma variável quantitativa ou qualitativa, que pode ser determinada ou relatada, destinada a permitir o acompanhamento dinâmico da realidade tratando de informações específicas no espaço e no tempo (MMA, 2012). Os indicadores de sustentabilidade são importantes ferramentas de gestão, pois auxiliam tanto na avaliação da situação em que atuam quanto no estabelecimento de metas a serem implementadas no futuro. Além disso, podem ser compreendidos como lupas capazes de revelar pontos positivos, pontos frágeis e pontos problemáticos a respeito da implementação de um programa de coleta seletiva (BESEN, 2013; FECHINE; MORAIS, 2014; FECHINE; MORAIS, 2015). São instrumentos de sustentabilidade que podem ser utilizados para a comparação entre comunidades e a sua evolução sustentável, assim como fornecer as medições que resultem no *feedback* necessário para a execução de uma intervenção no processo avaliado (MILANEZ, 2002).

No que concerne a uma avaliação continuada, a Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (GIRS) deve utilizar ferramental que possa avaliar e monitorar a sustentabilidade ambiental e o planejamento estratégico, assim como resultar na evolução da qualidade de vida da população. Os indicadores de sustentabilidade, portanto, podem ser oportunos nessa tarefa (SANTIAGO; DIAS, 2012). Para a escolha de indicadores de gestão de resíduos sólidos, devem ser consideradas a coerência com a realidade local, a comunicação simples, a consciência científica, a acessibilidade aos dados, a confiabilidade da fonte, a previsão de cenários e a capacidade de definição de metas e de síntese do indicador (POLAZ, 2008).

Os indicadores relacionados aos RSU mais utilizados no Brasil e em outros países são aqueles que medem a quantidade gerada de resíduos/habitantes/tempo. Na recuperação de resíduos municipais, utilizam-se indicadores que relacionam a reciclagem/reutilização/compostagem, o que permite o aproveitamento parcial ou total dos resíduos. Seu cálculo gera um percentual entre o resíduo recuperado e o total gerado anualmente (POLAZ, 2008). A partir de uma busca contínua pela melhoria dos serviços, gestores e líderes de programas de resíduos sólidos podem coletar dados que propiciem uma análise crítica e quantitativa das situações de risco. Isso pode ser feito com o auxílio de indicadores econômicos, sociais, ambientais, gerenciais e de qualidade da informação, que podem apontar caminhos para metas, com potencial de alcance por meio de ações planejadas. Os indicadores e metas são ferramentas cruciais de controle e de replanejamento para a condução ou a implementação de programas, incluindo os de coleta seletiva (CAMPANI et al., 2013).

Com relação à coleta seletiva, os indicadores de sustentabilidade favorecem a comunicação, o planejamento, o acompanhamento, a avaliação e a comparação do progresso de desempenho do sistema ao longo do tempo (BENSEN, 2016). Além disso, podem apresentar exposição parametrizada de análises que conduzam a um modelo inovador para conceber e formular políticas públicas, traçar objetivos e solucionar entraves existentes (RAMOS, 2013). No entendimento dos autores Campani et al. (2013), para que os dados gerados pelos indicadores de sustentabilidade voltados para coleta seletiva tenham sua contribuição maximizada, é fundamental que as informações sejam coletadas de forma contínua e padronizada, além de dispostas aos gestores em tempo hábil.

A aplicação de indicadores que envolvam aspectos de custo, escala, operação e participação da população podem demonstrar pontos críticos de programas de coleta seletiva. Os programas de coleta seletiva, com o auxílio de informações geradas por esses indicadores, devem considerar as características da realidade local, estabelecendo, assim, critérios

específicos, para regiões com, por exemplo, diferentes densidades populacionais, classes socioambientais e usos do solo. Com a utilização dessa ferramenta, verifica-se que a adoção de um único programa de coleta seletiva para todo o território municipal pode acarretar maiores custos operacionais para o poder público (BRINGHENTI, 2004).

Nos bancos de dados de instituições oficiais, encontram-se informações voltadas para a gestão dos resíduos sólidos. Nas bases públicas como as do IBGE e do Ministério das Cidades os indicadores de coleta seletiva são contemplados. A partir de dezembro de 2012, atendendo à PNRS, foi implantado o Sistema Nacional de Informações sobre Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR). Esse banco de dados apresenta indicadores sobre os serviços públicos e privados de gestão de resíduos sólidos, além de estatísticas a respeito do tema. Os dados geradores dessas informações têm origem no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). As informações do SINIS compreendem um espaço temporal de 2002 a 2010, disponibilizando 45 indicadores sobre resíduos sólidos urbanos (FECHINE; MORAES, 2014).

Sobre resíduos sólidos domiciliares e coleta seletiva, o SINIR disponibiliza dez indicadores, a saber: taxa cobertura de coleta direta de resíduos domiciliares (RDO) relativa à população urbana (%); taxa de cobertura de coleta de RDO em relação à população total (%); taxa de cobertura de coleta RDO em relação à população urbana (%); massa de RDO coletada per capita em relação à população total atendida (kg/hab.dia); taxa de cobertura de coleta seletiva porta-a-porta em relação à população urbana (%); taxa de recuperação de recicláveis em relação à quantidade de RDO e de resíduos provenientes da limpeza pública (RPU) (%); massa recuperada per capita (kg/hab.dia); relação entre quantidades de coleta seletiva e de RDO (%); incidência de papel/papelão sobre o total de material recuperado (%); e taxa percentual de incidência de plásticos sobre total de material recuperado (SINIR, 2016).

Os indicadores também apresentam possibilidades de analisar benefícios em relação à redução de volume ocupado na disposição final dos RDO em aterros sanitários e aos gastos financeiros a serem evitados com o desvio de resíduos domiciliares recicláveis (RDR) desse processo (NÓBREGA, 2003). Com base nisso, ratifica-se que a construção de um painel de indicadores deverá atender às particularidades, aos propósitos e aos objetivos da utilização final visada (MMA, 2012). No Quadro 4, estão elencados trabalhos que têm como foco indicadores de gestão de sustentabilidade a respeito dos resíduos sólidos no Brasil.

#### **Quadro 4 : Estudos sobre indicadores da gestão de resíduos sólidos municipais**

Fonte	Nº de Indicadores	Estudo realizado	Descrição
BESEN et al. - 2016	16	Gestão de coleta seletiva e de organizações de catadores: indicadores e índices de sustentabilidade	Aplicou-se a 13 organizações de catadores de 20 município, objetivando a análise da coleta seletiva por meio de indicadores de sustentabilidade.
FECHINE ; MORAIS -2015	24	Matriz de indicadores de sustentabilidade de coleta seletiva com utilização do método Delphi	Concluiu que a geração de indicadores de coleta seletiva, de uma forma geral, aumentou no Brasil, a implementação desses indicadores, porém, não tem acompanhado esse aumento.
CAMARGO - 2014	25	Indicadores de sustentabilidade no contexto da Política Nacional de Resíduos Sólidos: uma proposta para Bragança Paulista – SP	Concluiu que, embora os indicadores de sustentabilidade tenham sido construídos de modo participativo, não chegaram a ser aplicados no município efetivamente.
GREENE; TONJES - 2014	10	Quantitative assessments of municipal waste management systems: using different indicators to compare and rank programs in New York State	Concluiu que os indicadores fornecem informações importantes para os gerentes de resíduos e os decisores políticos, podendo ajudar na avaliação do desempenho programático interno e do progresso.
CAMPANI et al. - 2013	5	Indicadores socioambientais como instrumento de gestão na coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos	Concluiu que, depois de nove meses de acompanhamento, que os indicadores propostos têm desempenhado um importante papel na avaliação do programa por parte de seus gestores.
RAMOS - 2013	15	Gestão de resíduos sólidos urbanos: indicadores de sustentabilidade aplicados a programas de gestão e a associações de catadores e materiais recicláveis	Conclui que indicadores ambientais e/ou de sustentabilidade podem oferecer parâmetros de análise que impulsionem um novo modo de conceber e formular políticas, expressando os entraves que devem ser resolvidos.
SANTIAGO; DIAS - 2012	38	Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos	Demonstrou que a matriz apresentada contempla as diferentes dimensões da sustentabilidade na GRSU. Com isso, poderá ser utilizada como instrumento de avaliação e planejamento da GRSU, permitindo uma visão sistêmica que, conforme os princípios e objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, considere as variáveis ambientais, sociais, culturais, econômicas, ecológicas e de saúde pública.
LOZANO - 2012	Revisão bibliog.	Um olhar para a gestão de resíduos sólidos urbanos a partir de indicadores de sustentabilidade	Concluiu que uma revisão de literatura focada nos indicadores de sustentabilidade para a gestão dos resíduos sólidos é um ponto fundamental para a mensuração de um desenvolvimento que busque a sustentabilidade.
BRINGHENTI - 2011	25	Selection and validation of indicators for programs selective collection evaluation with social inclusion	Concluiu que os resultados efetivos da aplicação de indicadores como ferramenta de gerenciamento para a avaliação de programas de coleta seletiva requerem monitoramento contínuo a ser avaliado, bem a obtenção de dados e registros confiáveis.

CABRAL; CAMPOS - 2010	34	Análise comparativa dos indicadores de referência dos serviços de limpeza urbana no município de São João Del Rei nos anos de 2007 e 2008	Concluiu que, apesar de existirem indicadores favoráveis ao setor de limpeza urbana em São João del Rei, a maioria está em condição desfavorável e mostra piora do setor, o que não confirma uma das hipóteses iniciais.
MENEZES et al. - 2011	3	Assessment of the uncertainty associated with the energy indicator	Concluiu que os indicadores são as ferramentas mais apropriadas para a determinação de um processo e que são um dos estágios mais importantes na interpretação correta de um indicador de eficiência ambiental ou operacional.
POLAZ - 2009	15	Indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos urbanos	Concluiu que a adoção de um sistema de indicadores de sustentabilidade adaptado às especificidades da gestão local de RSU pode auxiliar os administradores municipais na definição de prioridades, direcionando os investimentos públicos para os aspectos mais problemáticos do setor.

Fonte: Adaptado de Fechine (2014).

O elenco de indicadores expostos no Quadro 4 tem como vertente a sustentabilidade do sistema de gestão de resíduos sólidos. Sob a ótica de algumas dimensões, com a análise do sistema de uma municipalidade, é possível propor melhorias ou formas mais adequadas de gerenciamento que conduzam à sustentabilidade do sistema e a uma gestão econômica, ambiental e socialmente adequadas.

## 2.5 SUTENTABILIDADE

Segundo Boff (2012), o termo *sustentabilidade* oferece dois sentidos: ativo e passivo. O primeiro se refere à conservação, manter, proteger, subsistir, conservar bem, fazer prosperar. O segundo trata da sustentação, suportar, servir de escora, impedir a ruína e a queda. Ambos, portanto, significam que a sustentabilidade configura os procedimentos que se tomam para conservar bem de modo a considerar os riscos que possam resultar das ações humanas no meio ambiente.

Sustentabilidade é a “capacidade dos diversos sistemas da Terra, incluindo as economias e sistemas culturais humanos, de sobreviverem e se adaptarem às condições ambientais em mudança”. Para tal, deve fornecer condições à sociedade de atender às suas necessidades em relação ao acesso a ar limpo, água, abrigo e demais recursos sem comprometer a capacidade das gerações futuras de sobreviver de capital natural da Terra, evitando, assim, sua exaustão ou degradação (MILLER JR., 2012). Para Cândido (2010), a

sustentabilidade é a busca pela promoção do crescimento econômico de forma harmônica sem o distanciamento da responsabilidade sobre a sociedade, a qualidade de vida e o respeito ao meio ambiente.

Além disso, a PNRS aponta que a gestão sustentável dos resíduos sólidos tem como meta, sob a premissa do controle social, o alcance de soluções fundamentadas nas dimensões cultural, econômica, política e social, dependendo de uma produção e de um consumo de bens e serviços que atendam à atual e às futuras geração (BRASIL, 2010). Desse modo, o manejo dos resíduos sólidos, a existência de uma ordenação no sistema de saneamento ambiental, a qualidade do ar e a disponibilidade de mananciais de água são alguns dos padrões que podem definir a sustentabilidade do desenvolvimento urbano (UNCED, 1992).

### 3 METODOLOGIA

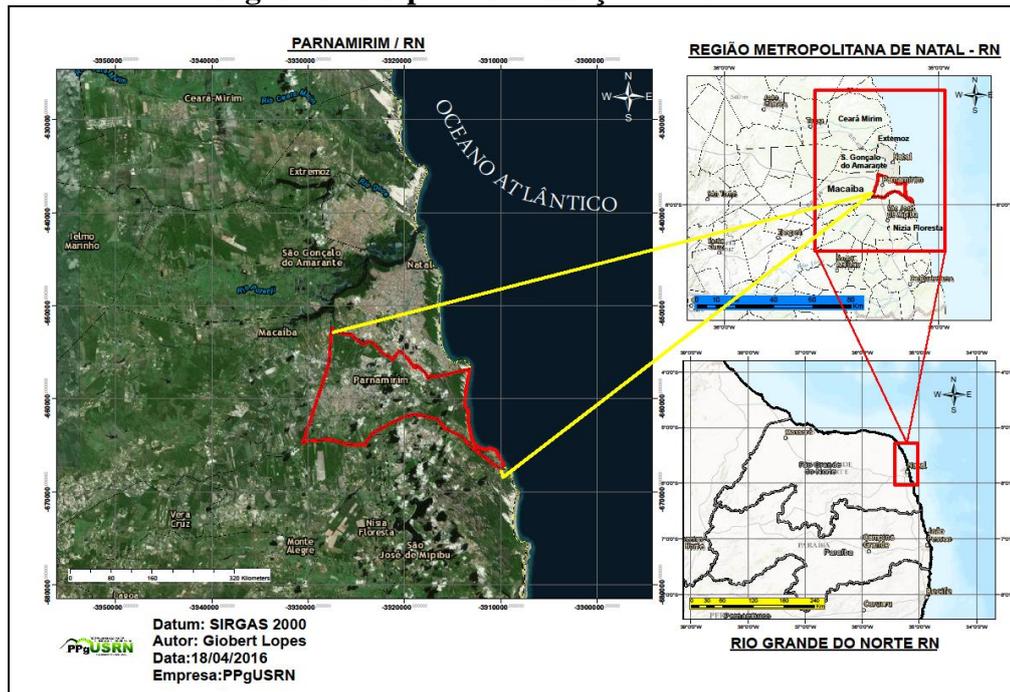
O diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos e a posterior avaliação de sustentabilidade foram iniciados com uma pesquisa bibliográfica, objetivando garantir fundamentação científica e informações expostas em sítios de instituições e/ou órgãos oficiais que convergissem para a temática em questão. Tal coleta foi complementada com os dados disponíveis no *Portal da Transparência* do município em análise e com informações contidas SNIS, disponibilizado pelo Ministério das Cidades anualmente.

Torna-se pertinente esclarecer que a base de dados da Prefeitura de Parnamirim disponibiliza informações financeiras a partir do ano de 2013, delimitando o início da análise voltada às considerações econômicas para esse período. Para a complementação do diagnóstico, foram coletados dados primários em visitas de campo, nas quais se pretendeu consultar órgãos municipais responsáveis pela limpeza pública e outros que dispusessem de informações pertinentes ao estudo.

#### 3.1 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Segundo o censo de 2010, o município de Parnamirim possui área de 123.471 km<sup>2</sup>, população de 202.456 habitantes e densidade demográfica de 1.639,70 hab./km<sup>2</sup>. Assim, sua estimativa populacional para o ano de 2016 é de 248.623 habitantes (IBGE, 2015). Conforme o IBGE (2016), os quatro bairros com maior taxa populacional são Nova Parnamirim, com 27,89%; Emaús, com 11,57%; Passagem de Areia, com 8,64%; e Rosa dos Ventos, com 6,41%. A Figura 2 demonstra o mapa de localização da área de estudo.

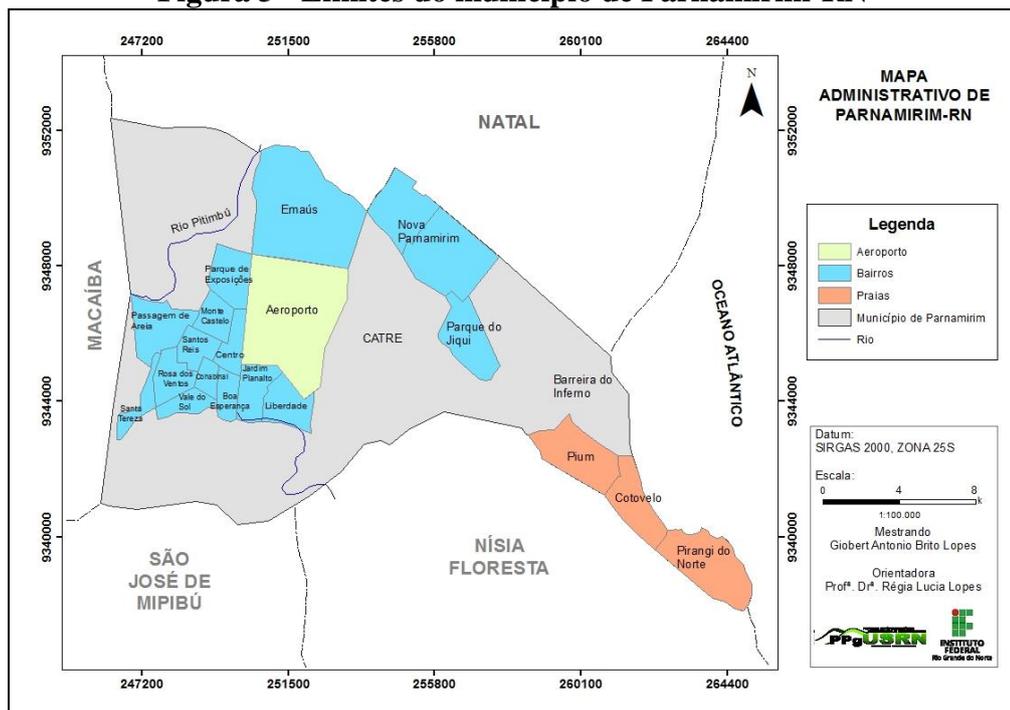
**Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo**



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2016).

A distância para capital estadual é de 12 km, localizando-se na latitude  $05^{\circ}54'56''S$  e na longitude  $35^{\circ}15'46''W$ . Seus limites territoriais fazem fronteira, a norte, com o município de Natal; a oeste, com o de Macaíba; a leste, com Oceano Atlântico; e, a sul, com os municípios de São José de Mipibu e Nísia Floresta (PARNAMIRIM-RN, 2016). Na Figura 3, verificam-se os limites territoriais do município de Parnamirim-RN.

**Figura 3 - Limites do município de Parnamirim-RN**



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017).

Da composição do território municipal, fazem parte bairros litorâneos, que sofrem influências sazonais, a exemplo de férias escolares, festas de fim de ano, carnaval e feriados religiosos. Esses eventos influenciam na geração dos RDO na região, acrescentando a massa de resíduos coletados em cerca de 50% (PARNAMIRIM-RN, 2015).

### 3.2 DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE PARNAMIRIM

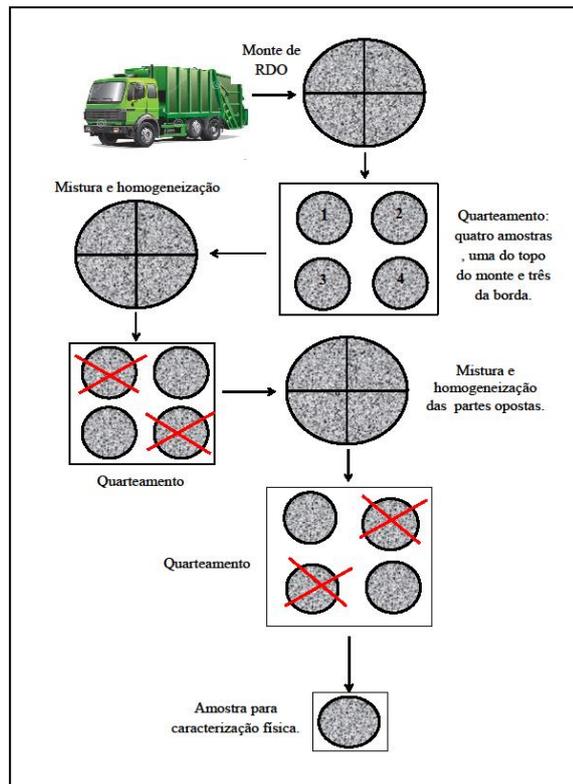
Inicialmente, o diagnóstico foi realizado por meio de consultas a bibliografias e a sites oficiais, como o do Ministério do Meio Ambiente, da Secretaria de Estado do Meio ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH) e da Prefeitura de Parnamirim. Para obtenção de informações sobre a população do município de Parnamirim, foi utilizado o censo de 2010, disponibilizado no sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Vale ressaltar que o número de habitantes por bairro foi obtido a partir de dados da sinopse por setor censitário disponível no mesmo site. Já para a projeção da população total do município para períodos anuais posteriores ao censo 2010, foram utilizados os dados disponíveis no sítio do Ministério da Saúde, que fornece informações do DATASUS, no que concerne à estimativa de populações residentes por município, por meio do *Tabnet* (MS, 2017).

Como ação para a obtenção de dados primários, foram executadas a incursão de campo na estação de transbordo do município e entrevistas na SELIM, na SEMUR, na SEMUT, na SEPLAF e na SEMAS. A partir dos dados coletados, pôde-se produzir um diagnóstico que envolveu as vertentes ambiental, financeira, operacional e social dos resíduos sólidos do município.

Para a avaliação dos resíduos sólidos domiciliares gerados no município e a análise de benefícios que podem ser auferidos com a coleta seletiva, realizou-se a análise gravimétrica dos resíduos pelo método do quarteamento descrito por Vilhena (2010), que consiste na separação de amostra, que, nesse caso, foi de uma região do município por vez. Esse procedimento também é definido pela ABNT (NBR-10007/2004a), que trata da amostragem de resíduos sólidos. O processo ocorreu conforme esquematizado na Figura 4.

**Figura 4 - Processo de quartejamento de RDO**



Fonte: Adaptado de Pasqualetto et al. (2004).

O procedimento foi executado na estação de transbordo do município de Parnamirim com o intuito de obter amostragem das diferentes regiões do município, considerando, para isso, as rotas de coleta e os dias da semana, exceto fins de semana. Deve-se ressaltar que a exceção referente ao domingo se deve ao fato de, nesse dia, a estação de transbordo funcionar apenas para receber os caminhões compactadores oriundos da coleta e, logo após, encerrar suas atividades. Apesar disso, os logradouros cobertos nesse dia foram incluídos em rotas anteriores e suas características não sofrem influências abruptas.

Para o registro de dados do processo de gravimetria, foi utilizado um formulário com a identificação do tipo de transporte de coleta; da capacidade de compactação; do responsável pelo controle de transbordo; da quantidade de ajudantes; do tempo gasto com o processo; da origem dos RDO (logradouro); das condições do clima; da data; do dia da semana; dos materiais a serem classificados; e da quantidade e do percentual de cada um sobre o total classificado. O documento com os dados citados está disposto no Apêndice A.

Na execução do quartejamento, utilizaram-se equipamentos de proteção individual (EPI), tais como luvas, botas, máscaras e óculos de proteção. Para aferição da massa dos resíduos, foi utilizada uma balança digital com capacidade máxima de 150 kg. Além disso, utilizaram-se, quatro tambores de 200 litros, um balde plástico de 20 litros e pás. Após a

separação dos materiais presentes na amostra total dos resíduos, o percentual (%) de recicláveis, conforme a Equação 1, foi determinado pela soma dos percentuais de papel, papelão, plástico, metal e vidro presentes em cada amostra.

$$\% \text{ Recicláveis} = \frac{RDR}{RDO} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

### 3.3 NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE

Para análise da sustentabilidade da gestão de RSU, utilizou-se a matriz proposta por Santiago e Dias (2012), que é dividida em seis dimensões: política, tecnológica, econômica, ambiental, do conhecimento e da inclusão social, as quais, segundo o autor, são caracterizadas conforme a seguir.

- A dimensão política representa o emprego de normas ou instrumentos legais relacionados a políticas de gestão de resíduos sólidos, considerando referências jurídicas nacionais e internacionais, sem desconsiderar a dinâmica e o carecimento do meio local. Nesta pesquisa, é representada pela letra (P).
- A dimensão tecnológica considera a adoção de tecnologias limpas para a reutilização dos resíduos, buscando ajustá-los à realidade local para a produção de um produto que propicie o controle de geração, redução e reciclagem dos resíduos gerados. Nesta pesquisa, é representada pela letra (T).
- A dimensão econômica designa a relação de fonte de custeio, manutenção e administração financeira do GRSU, conforme o artigo 46 do Decreto nº 7.217/2010, que institui taxas e outros preços públicos para os serviços públicos de saneamento básico (BRASIL, 2010c). Nesta pesquisa, é representada pela letra (E).
- A dimensão ambiental, inter-relação entre os elementos de gestão dos resíduos sólidos, a redução na geração, o reaproveitamento, o tratamento, a disposição final e os possíveis impactos sobre o uso dos recursos naturais e na autodepuração dos ecossistemas. Nesta pesquisa, é representada pela letra (A).
- A dimensão do conhecimento, que compreende a educação ambiental e a mobilização social, envolvendo a problemática dos resíduos sólidos na realidade das comunidades locais, sensibilizando-as e mobilizando-as frente ao conjunto de questões que envolvem a GRSU. Nesta pesquisa, é representada pela letra (C).

- A dimensão da inclusão social é voltada para os catadores de resíduos recicláveis, atores que devem ter garantidos condições dignas de trabalho, educação, saúde, direito à cidadania, geração de renda, redução da pobreza e inclusão no mercado de trabalho formal. Nesta pesquisa, é representada pela letra (S).

A determinação do nível de sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos no município foi adaptada à metodologia da matriz proposta por Santiago e Dias (2012). Essa matriz foi escolhida por ter sido baseada em informações adquiridas em referências nacionais e internacionais, cujos indicadores passaram por um processo de validação com especialistas por meio do método Delphi. Tais fatores a indicaram, portanto, como um instrumento seguro de avaliação e planejamento da gestão dos resíduos sólidos em municípios. No Quadros 5, são mostrados, aplicados à gestão de resíduos sólidos do município de Parnamirim-RN, os descritores para a análise de cada dimensão proposta por Santiago e Dias (2012).

**Quadro 5 : Matriz de indicadores de sustentabilidade de gestão de RSU**

Dimensão	Pergunta chave	Indicador	Descritor	Nota
1- Política (P)	Está em concordância com a Política Federal de Saneamento Básico?	P1 - Intersetorialidade	Três secretarias municipais no mínimo	5
			Duas secretarias municipais	3
			Somente uma secretaria	1
		P2 - Universalidade	75% a 100%	5
			30% a 75%	3
			< 30%	1
		P3 - Integralidade dos serviços de saneamento básico	Água/esgoto/resíduos/drenagem	5
			Dois a três serviços de saneamento	3
			Só abastecimento de água	1
	Está em concordância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos?	P4 - Posse de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	Sim	5
			Em processo de conclusão do plano	3
			Não possui	0
		P5 - Apresentação de fiscalização dos serviços de limpeza urbana	Em todo o município	5
			Apenas no centro da cidade sede	2
Não possui			0	
<b>SUBTOTAL MÁXIMO</b>				<b>25</b>
2 - Tecnológica (T)	Observa os princípios da tecnologia apropriada?	T1 – Utilização de mão de obra local	Em todas as fases de gerenciamento de resíduos sólidos	5
			Coleta e administração	3
			Apenas coleta	1
		T2 - Manutenção dos equipamentos realizada localmente	Em todas as fases de gerenciamento de resíduos sólidos	5
			Apenas transporte	2
			Manutenção externa	1
		T3 - Reaproveitamento de baixo consumo de energia, independência de pagamento de patentes e <i>royalties</i> , manuseio fácil e emprego de mão de obra local ao saneamento	Contempla todos os itens	5
			Somente baixo consumo de energia e Independência de pagamento de <i>royalties</i> e patentes	3
			Ausência	0
		T4 - Veículo coletor específico e apropriado às necessidades de geração local em termos de capacidade	Sim (apenas para essa função)	5
			Sim (utilizado também em outras funções municipais)	2
			Ausência	0
		<b>SUBTOTAL MÁXIMO</b>		

**Quadro 5 : Matriz de indicadores de sustentabilidade de gestão de RSU (continuação)**

3 – Econômica (E)	Existe capacidade de pagamento pela população?	E1 - Origem dos recursos para o gerenciamento de resíduos sólidos	Existe taxa específica para serviço de limpeza pública	5
			Cobrança de taxa com o IPTU	2
			Inexistência de cobrança de taxa de serviço	0
		E2 - Percentual de autofinanciamento do custo de coleta, tratamento e disposição final	90% a 100% financiada	5
			40% a 90% financiada	3
			< 40% financiada	1
	A gestão dos resíduos sólidos urbanos é autofinanciada?	E3 - Percentual do orçamento do município destinado aos serviços de limpeza pública	Até 5%	1
			5% a 10%	3
			> 10%	5
		E4 - Aplicação dos recursos provenientes da coleta seletiva	Na própria manutenção da coleta seletiva	5
			Atividades socioculturais e assistenciais	3
			Outra	1
<b>SUBTOTAL MÁXIMO</b>				<b>20</b>
4 – Ambiental (A)	Exerce impacto ambiental mínimo?	A1 - Eficiência da coleta	91% a 100%	5
			31% a 90%	2
			< 30%	1
		A2 - Satisfação da população em relação à coleta pública (periodicidade/frequência/horário)	> 70%	5
			30 a 70%	3
			< 30%	1
		A3 - Existência de lixeiras públicas	Em toda área urbana, instaladas em locais de circulação de pessoas	5
			Somente no centro da cidade sede	2
			Não possui lixeiras	0
		A4 - Existência de coleta seletiva no município	Sim	5
			Em fase de implementação	3
			Não existe	0
		A5 - Abrangência da coleta seletiva no município	Todo o município	5
			Toda a área urbana do município	4
			Em alguns bairros da área urbana exclusivamente	1
		A6 - Existência de pontos para entrega voluntária dos resíduos segregados	Atende a mais de 50% da população	5
			Atende a menos de 50% da população	3
			Não possui	0

**Quadro 5 : Matriz de indicadores de sustentabilidade de gestão de RSU (continuação)**

4 – Ambiental (A)	Exerce impacto ambiental mínimo?	A7 - Índice de recuperação de materiais recicláveis	Acima de 10,1%	5
			5,1% a 10%	3
			Até 5%	1
		A8 - Recuperação de resíduos orgânicos	Acima de 30%	5
			5,1% a 30%	3
			Até 5%	1
		A9 - Geração de resíduos sólidos urbanos per capita (kg/hab./ano)	< 307	5
			Entre 307 e 376	3
			> 376	1
		A10 - Aterro sanitário controlado/licenciado	Sim	5
			Em processo de licenciamento	3
			Não licenciado ou lixão	0
		A11 - Existência de aterro para resíduos inertes (resíduos de construção e demolição)	Sim e com reaproveitamento	5
			Sim e apenas para disposição	2
			Não possui	0
		A12 - Número de pontos de resíduos clandestinos/extensão total das vias em Km <sup>10</sup>	Nenhum	5
0,1 a 0,4	3			
≥ a 0,4	1			
A13 – Ocorrência de recuperação de áreas degradadas por resíduos	Totalmente	5		
	Parcialmente	3		
	Ausente	0		
<b>SUBTOTAL MÁXIMO</b>				<b>65</b>
5 - Conhecimento (C)	Consonância com a PNEA? 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 de resíduos sólidos, ou seja, existe controle social conforme proposto pela PNRS? A população contribui adequadamente para a coleta seletiva?	C1 - Recursos alocados para ações de Educação Ambiental em relação ao custo da limpeza pública	≥ 3%	5
			1% a 2,9%	2
			< 1%	1
		C2 - Inclusão de ações de Educação Ambiental	Durante o diagnóstico, a concepção e a implementação	5
			Somente durante a fase de implementação	3
			Nenhuma	0
		C3 - Capacitação contínua de agentes que atuam na área de limpeza pública	Presença	5
			Presença de forma esporádica	3
			Ausência	0
		C4 - Realização de avaliação da gestão dos RS de forma participativa	Realiza anualmente	5
			Realiza de forma esporádica	3
			Não há	0
		C5 - Material informativo sobre o manejo dos resíduos sólidos	Construído com a comunidade local	5
			Construído pela equipe técnica	3
			Não há	0
C6 - Realização de eventos municipais com a temática ambiental	Eventos anuais	5		
	Esporadicamente	3		
	Ausência de eventos	0		

**Quadro 5 : Matriz de indicadores de sustentabilidade de gestão de RSU (continuação)**

5 - Conhecimento (C)	Consonância com a PNEA e a PNRs. A população contribui adequadamente com a coleta seletiva?	C7 - Número de parceiros (associações, universidades, setor privado, movimentos sociais)	Duas ou mais	5	
			Menos de duas	2	
			Não há	0	
		C8 - Existência de Conselhos (Saneamento, Saúde e Meio Ambiente)		Conselho de Saneamento	5
				Outro	3
				Não há	0
		C9 - Formas de mobilização		Planejamento participativo	5
				Reuniões informativas	3
				Nenhuma	0
		C10 - Índice de rejeito IR (%) (relacionado à coleta seletiva)		≤ 7%	5
7,1% a 20%	3				
≥ 21%	1				
<b>SUBTOTAL MÁXIMO</b>				<b>50</b>	
6 - Inclusão Social (S)	Contempla a inserção de catadores e de artesãos de forma organizada na gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos?	S1 - Catadores organizados (cooperativas e associações)	Todos organizados	5	
			Parte organizada	3	
			Presença de catadores na área de disposição final	0	
		S2 - Renda per capita mensal obtida pelos catadores		> 1 salário mínimo	5
				1 salário mínimo	3
				< 1 salário mínimo	1
		S3 - Abrangência dos cursos de capacitação promovidos aos catadores		> 90%	5
				50% a 90%	4
				< 50%	1
		S4 – Salubridade do local do trabalho dos catadores (EPI, banheiros, refeitórios, armazenamento adequado do refugo e dos recicláveis, cobertura e piso impermeável)		Contempla todos os itens	5
				Somente EPI e banheiro	3
				Ausente	0
		S5 - Artesãos que utilizam resíduos pós-consumo como fonte de renda		Organizados em cooperativas e/ou associações com renda fixa	5
				Organizados em cooperativas e ou associações sem renda fixa	3
				Inexiste	0
		S6 - Pessoas atuantes na cadeia de resíduos sólidos que têm acesso ao apoio ou à orientação definidos em uma política pública municipal		Existência de um programa municipal de apoio aos catadores com convênio formal	5
				Existência de um programa municipal de apoio aos catadores sem convênio formal	3
				Inexistência de política municipal para apoio aos catadores	0
<b>SUBTOTAL MÁXIMO</b>				<b>30</b>	
<b>TOTAL MÁXIMO</b>				<b>210</b>	

Fonte: Santiago e Dias (2012).

A matriz foi submetida aos gestores SEMUR) e SELIM de Parnamirim, que responderam aos questionamentos propostos pela metodologia. Como resultado, obteve-se o nível de sustentabilidade (NS) da gestão dos resíduos sólidos urbanos (GRSU) do município com a utilização da equação 2 e do Quadro 6, propostos por Santiago e Dias (2012).

$$NS = \frac{\Sigma \text{ das notas obtidas na avaliação}}{\Sigma \text{ da máxima pontuação em cada dimensão}} \times 10 \quad (\text{Equação 2})$$

**Quadro 6 : Nível de sustentabilidade (NS)**

Intervalo de sustentabilidade	Nível de sustentabilidade
0	Insustentável
$1,0 \leq NS \leq 4,0$	Baixa sustentabilidade
$5,0 \leq NS \leq 8,0$	Média sustentabilidade
$9,0 \geq NS \leq 10,0$	Alta sustentabilidade

Fonte: Santiago e Dias (2012).

Com o nível de sustentabilidade medido, também foram avaliados parâmetros específicos envolvidos na coleta e na destinação final de resíduos nas dimensões econômica e ambiental, que poderiam, caso tivesse sido implementada a coleta de recicláveis por associações ou cooperativas de catadores no período de 2013 a 2016, refletir na dimensão social.

Na dimensão econômica, os parâmetros determinados foram as despesas relacionadas à coleta, ao transbordo e à disposição de RDR no aterro sanitário; as receitas geradas com a venda de RDR no mercado de recicláveis com exclusão das taxas de materiais rejeitados para venda (CEMPRE, 2017; 2017a; 2017b); a taxa de participação dos valores de RDR que podem ser comercializados em relação às receitas municipais (RM); a receita gerada por habitante com a taxa de coleta de lixo (TCL); e a redução dos gastos com a disposição de RDO em aterro sanitário com o desvio de RDR, como mostrado na Tabela 3.

**Tabela 3 - Parâmetros Econômicos (Ec)**

Parâmetros	Descrição	Fórmula	Unidade	
Econômicos	Ec 1	Valor de participação dos RDR (%) nas despesas operacionais (DO)	RDR (%) * DO	R\$
	Ec 2	Receita gerada com a venda de RDR excluindo a taxa de rejeito (valores de venda e taxa de rejeito obtidos no sítio do CEMPRE e aplicados com metodologia de Nóbrega (2003))	RDR * rejeito (%) * valor de venda	R\$
	Ec 3	Taxa de participação de venda de recicláveis em relação às receitas municipais (RM)	(Ec 2 / RM) * 100	%
	Ec 4	Receita per capita com taxa coleta e recolhimento de lixo (TCRL)	TCRL / hab.	R\$/hab.ano
	Ec 5	Redução de Gastos com DAS (GDAS) com a retirada dos RDR (%) da coleta domiciliar utilizando Nóbrega (2003)	DAS * RDR (%) * GDAS	R\$

Fonte: Adaptado de SINIR (2016); CEMPRE (2016, 2017, 2017a e 2017b).

Nota:

1 - DO = Despesas Operacionais = (coleta + transbordo + disposição final) dos RDO (R\$);

2 - DAS = Deposição em Aterro Sanitário (t/ano);

3 - GDAS= Gastos com Deposição em Aterro Sanitário (DAS) (R\$/t);

4 - RDR (%) = % de resíduos recicláveis existente no resíduo domiciliar (resultado da gravimetria);

5 - Venda de RDR = RDR (t) x rejeito (%) x valor de venda (R\$).

Na dimensão ambiental, foi avaliado o volume de RDR compactado que pode ser desviado do aterro, considerando o peso identificado no processo de gravimetria; a densidade de cada material solto (BARROS, 2012); de acordo com o grau de compactação que confere à massa compactada uma densidade de 0,6 t/m<sup>3</sup> (MMA, 2012a), a vida útil relacionada com o volume de RDR no aterro sanitário com o desvio dos recicláveis coletados por meio de programa de coleta seletiva; e a geração de energia que poderia ser economizada pela diminuição da exploração dos recursos naturais na fabricação desses materiais com matéria-prima virgem (CALDERONI, 2003 e NÓBREGA, 2003).

**Tabela 4 - Parâmetros Ambientais (Am)**

Parâmetros	Descrição	Fórmula	Un.	
Ambientais	Am 1	Volume de RDR compactados desviados do aterro sanitário no período determinado	(peso de cada RDR/densidade de cada RDR) * 0,33	m <sup>3</sup>
	Am 2	Vida útil ocupada pelos RDR no período determinado	(Am 1 * 20 anos) / volume previsto para a vida útil do aterro sanitário	ano
	Am 3	Economia de energia	RDR * MWh/t * R\$/MWh	R\$

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017); Calderoni (2003); Nóbrega (2003); MMA (2012a); Natal-RN (2011).

Nota:

1- Densidade dos materiais: Tchobanoglous et. al. (1994, p. 89);

2- Redução de volume para 1/3 do resíduo solto para o resíduo compactado (MMA, 2012a);

3- Volume total previsto para uma vida útil de 20 anos do aterro sanitário = 8.529.010 m<sup>3</sup> (NATAL, 2011).

A determinação do parâmetro Am2, conforme projeto e descrição em Natal-RN (2011), considerou o volume previsto para a uma vida útil de 20 anos do aterro. A determinação de Am3 levou em consideração a massa dos RDR de acordo com a composição gravimétrica realizada; a quantidade de energia requerida para a produção da mesma quantidade de produto em MWh/t, de acordo com Calderoni (2003, p.255) e Nóbrega (2003); e a Tarifa Energia Elétrica Industrial em R\$/MWh obtida na Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2017), como mostrado na Tabela 5.

**Tabela 5 - Economia de energia com materiais recicláveis (Am8)**

Material	Economia de energia (Mwh/t)	Tarifa Energia Elétrica Industrial (R\$/MWh)
Lata de Alumínio	16,90	333,76
Vidro	0,64	333,76
Plástico	5,30	333,76
Lata de aço	5,06	333,76

Fonte: Adaptado de Calderoni (2003) e Nóbrega (2003). Tarifa energia elétrica industrial - NE: ANEEL (2017).

Deve-se enfatizar que esse parâmetro mede a economia de energia proporcionada pela geração de produtos que utilizam materiais recicláveis. Essa ótica também reforça a redução de consumo de recursos naturais e de energia, assim como reflete um forte atrativo para a implantação de segmentos empresariais voltados para esse nicho de mercado.

Os dados utilizados para construção dos parâmetros são os mostrados na Tabela 6, que foram obtidos no *Portal da Transparência* da Prefeitura de Parnamirim; na SELIM; na SEMUT; e nos sítios da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e do Ministério da Saúde (MS).

**Tabela 6 - Dados da pesquisa**

Dados	2013	2014	2015	2016
RDR = Gravimetria (t)	13.456,58	14.062,94	13.819,78	14.362,01
RDO = DAS (t)	58.642,62	61.285,08	60.225,44	62.588,40
RM (R\$)	347.228.075,49	376.919.428,11	394.012.611,12	387.245.524,26
DO (R\$)	18.328.847,16	19.137.603,00	17.357.502,06	23.350.718,54
TCRL (R\$)	3.053.018,96	4.157.990,50	4.320.927,74	4.358.036,40
Hab./ano (und.)	229.414	235.983	242.384	248.623
GDAS (R\$/t)	52,31	55,27	59,06	65,28
Despesa com GDAS = RDO *GDAS (R\$)	3.067.595,40	3.387.226,37	3.556.914,49	4.085.770,75
TEEI - NE (R\$/MWh)	216,92	239,20	313,82	333,76

Fonte: Parnamirim-RN (2017; 2017c); ANEEL (2017); MS (2017).

Nota: Taxa de Coleta e Recolhimento de Lixo (TCRL); Tarifa de Energia Elétrica Industrial (TEEI).

Deve-se observar que a quantidade de recicláveis para a determinação dos parâmetros econômicos levou em consideração a geração de rejeito, tendo em vista que, nos processos de coleta seletiva e de triagem, ainda há materiais que, devido à mistura de materiais que não são recicláveis aos coletados, ocasionam perda da qualidade e inviabilizam a comercialização. Essa estimativa varia a cada ano em função da sazonalidade, dos parâmetros econômicos e da gestão da atividade. Neste estudo, utilizaram-se os dados do Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), que estão publicados para os anos de 2012, 2014 e 2016, como demonstrado na Tabela 7.

**Tabela 7 – Taxa de rejeitos considerados na quantidade de materiais recicláveis estimados**

Dados	2013	2014	2015	2016
Taxa de Rejeitos de RDR (%)	18,7	20,0	27,5	35,0

Fonte: CEMPRE (2017; 2017a; 2017b).

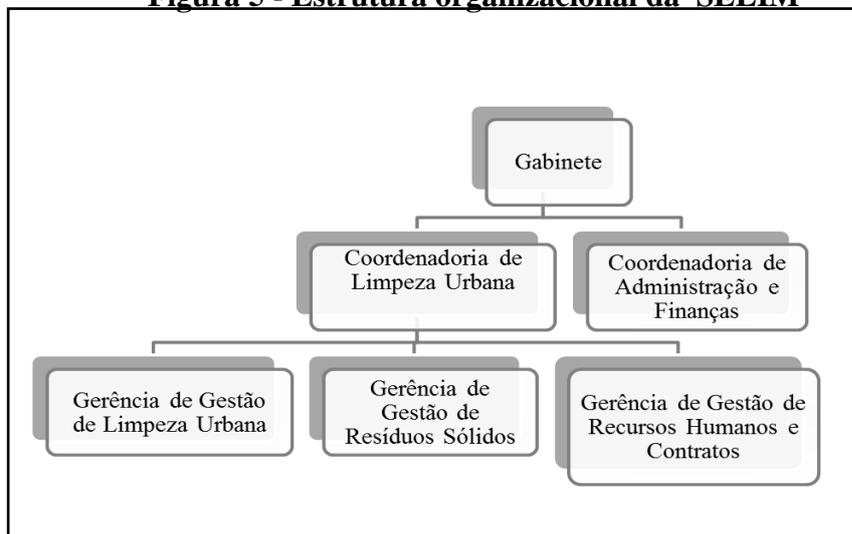
Para a obtenção dos valores dos anos de 2013 e 2015, utilizou-se a média entre os anos anteriores e posteriores.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (GRSU) EM PARNAMIRIM-RN

A gestão dos resíduos sólidos urbanos do município é de responsabilidade da SELIM. A estrutura organizacional do órgão está disposta na Figura 5.

**Figura 5 - Estrutura organizacional da SELIM**



Fonte: Parnamirim-RN (2007).

A SELIM tem as seguintes atribuições:

- Definir e implementar a política municipal de limpeza urbana;
- coordenar as ações envolvendo as empresas terceirizadas vinculadas;
- gerenciar e fiscalizar a coleta, a reciclagem e a disposição final dos resíduos sólidos pela administração direta ou pelo intermédio de terceiros;
- realizar o gerenciamento, o controle e a execução da limpeza urbana, da coleta de resíduos sólidos domésticos e hospitalares e dos demais serviços correlatos à limpeza pública;
- elaborar as metas da Secretaria para compor o Plano Plurianual de acordo com o plano de gestão da prefeitura;
- administrar os recursos financeiros destinados à secretaria, de acordo com as diretrizes estabelecidas nos planos estratégicos da prefeitura;
- administrar os recursos humanos quanto à frequência de desempenho dos colaboradores e ao aperfeiçoamento profissional;
- participar de reuniões representando o prefeito de Parnamirim quando solicitado;
- participar de reuniões nas coordenadorias regionais quando solicitado;
- realizar outras atividades compatíveis com a destinação institucional do órgão (PARNAMIRIM-RN, 2017f).

Os setores que compõem a estrutura organizacional da SELIM têm suas atribuições descritas no Quadro 7.

**Quadro 7 : Atribuições dos setores organizacionais da SELIM**

Setor	Atribuição
Coordenadoria de Limpeza Urbana	Realizar atividades de coordenação das atividades das Gerências de Gestão de Limpeza Urbana, de Gestão de Resíduos Sólidos e de Gestão de Recursos Humanos e Contratos; elaborar, planejar e determinar os serviços de limpeza; realizar estudos de novos métodos de limpeza urbana, despachos e serviços administrativos inerentes à função; emitir relatórios dos serviços executados; desenvolver estudos e projetos de urbanização; receber e encaminhar ordens de serviço; realizar o atendimento à população; fiscalizar as atividades inerentes à função; e efetuar outras atividades correlatas.

Gerência de Gestão de Limpeza Urbana	Realizar atividades de controle gerencial, de solicitações de execução de serviços, de poda de plantas e árvores; desenvolver atividades de capinagem e limpeza de meio-fio, sarjeta, rua e demais logradouros públicos; coordenar equipes de limpeza urbana; emitir relatórios de execução dos serviços; criar uma base de dados para o controle dos equipamentos urbanos existentes; recuperar equipamentos urbanos existentes e danificados; manter um bom estado de conservação de equipamentos e ferramentas; elaborar e executar os projetos de limpeza urbana; e efetuar outras atividades correlatas.
Gerência de Gestão de Resíduos Sólidos	Realizar atividades de elaboração e execução de estudos/projetos para a criação de novos mecanismos para melhorar o gerenciamento dos resíduos sólidos; acompanhar e recolher os resíduos sólidos; realizar o controle gerencial das execuções dos serviços; emitir relatórios de execução dos serviços; elaborar estudos sobre o reaproveitamento dos resíduos sólidos e de seus subprodutos; desenvolver pesquisas, estudos e debates participativos para novas técnicas de coleta seletiva; realizar estudos para a implantação de cooperativa de catadores de resíduo reciclável; e efetuar outras atividades correlatas.
Gerência de Gestão de Recursos Humanos	Realizar atividades de elaboração de documentos dos gêneros ofício, memorando e despacho; elaborar folha de pagamento dos funcionários e requerimentos referentes a férias, licença-prêmio, aposentadoria, correções de grau de insalubridade, salário-família etc.; enviar documentos via fax e relatórios do departamento de pessoal; desenvolver ações de aprimoramento do quadro de pessoal; e efetuar outras atividades correlatas.
Coordenadoria de Administração e Finanças	Realizar atividades de coordenação das Gerências de Controle do Acervo de Documentação, de Controle e Gestão da Frota e de Gestão e Controle de Custos; e efetuar outras atividades correlatas.

Fonte: Parnamirim-RN (2007a).

A gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) de Parnamirim é pautada na coleta, no transporte, no transbordo e na disposição final em aterro sanitário. Os resíduos sólidos domiciliares (RDO) e comerciais (equiparados aos RDO) seguem esse procedimento. Os resultantes das podas e da construção civil (RCC) que têm geração máxima de até 1 m<sup>3</sup> também seguem, com exceção da disposição final. Esta, em 2016, ocorreu em aterro específico para podas e RCC, localizado no município de Nísia Floresta. Em ambos os casos, o processo é executado por empresas terceirizadas que possuem contrato com o poder público municipal (PARNAMIRIM-RN, 2017e). Os resíduos de serviços da saúde (RSS), por sua vez, são de responsabilidade, no âmbito da gestão, de seus geradores. Todavia, os RSS gerados nos serviços públicos municipais são de competência do órgão de limpeza urbana, cujos coleta e tratamento também são realizados por empresa terceirizada (PARNAMIRIM-RN, 2017e).

Resíduos eletrônicos e pneus, materiais elencados na PNRS como parte de um grupo que tem gestão pautada na logística reversa, são coletados pelo município e sua disposição final se dá por meio de parcerias e convênios (PARNAMIRIM-RN, 2017e). No ano 2013, o município firmou acordo de cooperação com a REICLANIP, entidade criada pelos

fabricantes de pneus novos do Brasil, que se responsabiliza pela destinação correta desses resíduos. Essa parceria resulta em uma coleta mensal de 50 t/mês de pneus inservíveis no município, equivalente a duas carretas *roll-on/roll-off* de 24 toneladas. Na ação, os pneus são retirados das vias públicas, dos terrenos baldios e das borracharias, sendo estocados em galpão coberto até a data de coleta. Assim, dado processo acaba por colaborar para a redução dos abrigos de vetores de doenças, a exemplo da dengue (PARNAMIRIM-RN, 2016b).

De acordo com informações fornecidas pela SELIM, os dados referentes à GRSU do município de Parnamirim para o ano de 2016 são os mostrados no Quadro 8.

**Quadro 8 : Dados operacionais da GRSU de Parnamirim para o ano de 2016**

Descrição	Quantidade
RDO coletado (t)	62.588,40
Podas coletadas (t)	9.100,28
RCC coletados (t)	13.954,40
Varrição de vias públicas (km)	18.405,29
Roçagem de vias públicas (km)	373.530,00

Fonte: SELIM (2017a).

Verifica-se que, no ano de 2016, a quantidade total de resíduos gerenciados pelo sistema de limpeza pública do município atingiu 85.643,08 toneladas, sendo 73,08% oriundas de coleta de resíduos domiciliares; 10,62% de podas; e 16,30% de entulhos da construção civil que, devido à disposição em vias públicas, foram coletados pelas empresas contratadas pela prefeitura. Considerando, de acordo com o Quadro 8, a geração de todos os resíduos municipais, observa-se uma geração per capita de 0,94 kg/hab./ano de RSU. Esse resultado, de acordo com a ABRELPE (2016), está próximo da média nacional, 1,07 kg/hab./dia, assim como da regional, 0,99 kg/hab./dia, e da estadual, 0,89 kg/hab./dia. No caso do município de Natal, analisando o SNIS (BRASIL, 2017), o valor de geração per capita é de 0,84 kg/hab./dia quando considerados apenas os resíduos domiciliares e de 1,01 kg/hab. /dia quando considerada a coleta dos resíduos públicos.

Para execução dos serviços de limpeza pública em Parnamirim, excetuando-se os relacionados aos RDO, a SELIM, com contrato firmado, opera veículos e maquinário fornecidos por empresas terceirizadas. Na Tabela 8, mostram-se os equipamentos utilizados para as atividades de gestão dos RSU nos anos de 2016 e 2017.

**Tabela 8 - Equipamentos utilizados na limpeza pública**

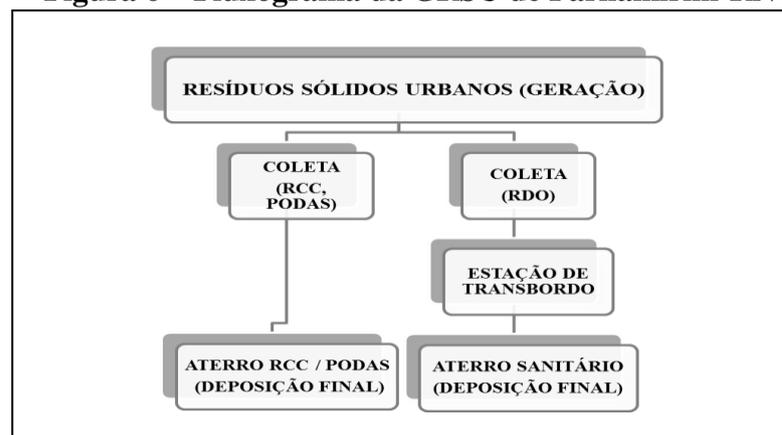
Equipamento	2016	2017
Veículo Passeio	4	3
Caçamba	12	8

Caminhão Aberto	2	0
Caminhão Baú	2	1
Caminhão Pipa	1	1
Sprinter	1	1
Trator	2	0
Retroescavadeira	2	1
Pá Carregadeira	3	1
Bobcat	1	0
Patrol	1	0
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>16</b>

Fonte: Parnamirim-RN (2017e).

A gestão dos resíduos sólidos urbanos (GRSU) no município de Parnamirim está demonstrada no fluxograma simplificado da Figura 6.

**Figura 6 – Fluxograma da GRSU de Parnamirim-RN**



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017).

#### 4.1.1 Gestão da coleta domiciliar da área de estudo

Os serviços de coleta de resíduos domiciliares abrangem 100% do território municipal, que é de responsabilidade da Prefeitura de Parnamirim. Contudo, a Base Aérea de Natal e a Barreira do Inferno, apesar de localizadas na circunscrição do município, assumem a gestão dos resíduos gerados em suas dependências e são de responsabilidade da Força Aérea Brasileira (PARNAMIRIM-RN, 2015).

A coleta domiciliar ocorre com a frequência de três vezes por semana em dois roteiros estabelecidos e diariamente nas vias principais de Praias, no Centro e nos Mercados, conforme mostrado na Tabela 9.

**Tabela 9 - Frequência de coleta de RDO por bairros em Parnamirim**

<b>Dia da semana</b>	<b>Bairros</b>
Segunda-feira, quarta-feira, sexta-feira	Caminho do Sol, Centro, Cidade Verde, Coophab, Emaús, Jardim Planalto, Liberdade, Nova Parnamirim, Parque Industrial, Parque de Exposições I, Parque das Árvores, Praias (via principal), Pium e Cotovelo
Terça-feira, quinta-feira, sábado	Bela Parnamirim, Blumenau, Cajupiranga, Cohabinal, Jôquei Club, Monte Castelo, Nova Esperança, Parque de Exposições II, Passagem de Areia, Santos Reis, Santa Tereza, Vale do Sol, Vida Nova, Praias (via principal) e Pirangi do Norte
Domingo	Praias (via principal), Centro e Mercados

Fonte: Parnamirim-RN (2015).

O poder público municipal classifica como grandes geradores os entes que produzem quantidades de RDO acima de 200 kg por coleta, a exemplo de condomínios e supermercados, que, apesar disso, são atendidos de forma igualitária em relação aos que geram quantidades inferiores (PARNAMIRIM-RN, 2015). Ressalta-se, contudo, que o parâmetro utilizado para a classificação de grandes geradores não se encontra identificado em norma legal do município. Segundo a SELIM, a geração per capita de RDO de 2013 a 2016 foi conforme a Tabela 10.

**Tabela 10 – Geração per capita média de RDO no município de Parnamirim**

<b>Ano</b>	<b>População (hab.)</b>	<b>Geração dia (kg)</b>	<b>Geração kg/hab./dia</b>
2013	229.414	160.665	0,70
2014	235.983	167.904	0,71
2015	242.384	165.001	0,68
2016	248.623	171.475	0,69
Geração per-capta de RDO (média aritmética)			<b>0,70</b>

Fonte: Parnamirim-RN (2017); MS (2017).

Na tabela 10, verifica-se que a geração per capita de RDO entre os anos de 2013 e 2016 atingiu média de 0,70 kg/hab/dia (PARNAMIRIM-RN, 2017). Este valor se aproxima da estimativa da SEMARH (2012), que aponta geração per capita média estadual de 0,50 kg/hab/dia, ficando abaixo das médias regional e nacional, com geração, nessa ordem, de 1,22 kg/hab/dia e 1,00 kg/hab./dia (BRASIL, 2017).

As etapas de gestão dos resíduos sólidos domiciliares do município de Parnamirim são compostas pela coleta domiciliar convencional, pelo transbordo e pela disposição final em aterro sanitário. Estão a cargo de empresa terceirizada a coleta e a operação da estação de transbordo, equipamento de propriedade do município. Como citado anteriormente, o aterro

sanitário se localiza no município de Ceará Mirim e tem como concessionária a empresa Braseco S/A (PARNAMIRIM-RN, 2015).

No que se refere ao transbordo de resíduos, a estação se localiza a 24 km do aterro sanitário, que teve licença de operação (LO) expedida em 2015 e validade concedida até 2018, no bairro Vida Nova. Essa estação ocupa uma área de 13.000 m<sup>2</sup> sendo composta por escritório de administração; platô central para posicionamento dos caminhões coletores compactadores para descarga de RDO, com um pátio de estacionamento ao lado, que possui menor cota de nível em relação à sua elevação, onde são posicionadas as carretas coletoras tipo *roll-on/roll-off* carregadas com RDO; e locais abertos sem ocupação.

As atividades de transbordo acontecem das 9h às 23h, de segunda-feira a sábado. São recebidos, da coleta domiciliar, caminhões coletores compactadores de 6 toneladas, totalizando uma frota de 16 caminhões, 8 no período diurno e 8 no período noturno. Em ambos, cada caminhão faz quatro descargas na estação. O tempo entre o acesso no portão da estação, a descarga de resíduos e a saída soma, em média, 5 minutos por caminhão coletor compactador. Os RDO são compactados por ação mecânica de uma retroescavadeira no interior das carretas coletoras. As carretas absorvem a carga de quatro caminhões coletores compactadores, com uma frota de 5 unidades em operação. Cada carreta faz duas viagens por dia até o aterro sanitário, com tempo médio de 2h por viagem, com distância percorrida de 48 km entre a saída da e a volta à estação de transbordo (PARNAMIRIM-RN, 2016d).

**Figura 7 - Processo de transbordo de RDO: (a) descarga de RDO pelo caminhão compactador, (b) acomodação de RDO na carreta coletora pela retroescavadeira e (c) carreta coletora *roll-on / roll-off* carregada com RDO**



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2016).

#### 4.1.2 Dados financeiros da gestão dos resíduos sólidos urbanos (GRSU)

O custeio direto dos serviços de limpeza urbana provém de taxa de coleta e remoção de lixo (TCRL), cobrada anualmente em guia comum com o imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana (IPTU) (PARANMIRIM-RN, 2017b). Parnamirim pertence a um pequeno grupo de municípios da região nordeste que fazem cobrança pelo serviço de coleta

de resíduos, uma vez que 92,9% não fazem. Contudo, esse mecanismo de arrecadação é utilizado por 90% dos municípios da região nordeste e é o mais utilizado em todo o país, com uma média de 87% (BRASIL, 2017).

De acordo com informações da SEMUT, o índice de inadimplência entre os anos de 2013 e 2016 alcançou a média de 48,27% entre os imóveis lançados no IPTU (PARNAMIRIM-RN, 2017b), conforme descrito na Tabela 11.

**Tabela 11 - Taxa de inadimplência do IPTU em Parnamirim-RN**

Ano	Imóveis lançados (unid.)	Inadimplência (%)
2013	90.798	47,85
2014	95.070	48,57
2015	99.351	46,78
2016	101.541	49,88
Média (aritmética)		48,27

Fonte: Parnamirim-RN (2017b).

A tabela 12 mostra os dados relacionados às receitas municipais, as receitas relacionadas ao pagamento da TCRL e as despesas relacionadas à gestão dos resíduos domiciliares.

**Tabela 12 – Dados financeiros relacionados com a gestão dos resíduos sólidos.**

Dados	2013	2014	2015	2016	Média
RM (R\$)	347.228.075,49	376.919.428,11	394.012.611,12	387.245.524,26	376.351.409,75
DO (R\$)	18.328.847,16	19.137.603,00	17.357.502,06	23.350.718,54	19.543.667,69
TCRL (R\$)	3.053.018,96	4.157.990,50	4.320.927,74	4.358.036,40	3.972.493,40
Despesa com DAS (R\$)	3.067.595,45	3.387.226,37	3.556.914,49	4.085.770,75	3.524.376,77
DO per capita (R\$/hab./ano)	79,89	81,1	71,61	93,92	81,63
TCRL/RM	0,88%	1,10%	1,10%	1,13%	1,05%
DO/RM	5,28%	5,08%	4,41%	6,03%	5,20%
TCRL/DO	16,66%	21,73%	24,89%	18,66%	20,49%
DAS/DO	16,74%	17,70%	20,49%	17,50%	18,11%
DAS/TCRL	100,48%	81,46%	82,32%	93,75%	89,50%

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho com dados de Parnamirim-RN (2017)

Nota:

1 - DO = Despesas correntes= Despesas Operacionais = (coleta + transbordo + deposição final) dos RDO

2 - RM= Receitas Municipais

3 - DAS = Deposição em Aterro Sanitário (t/ano)

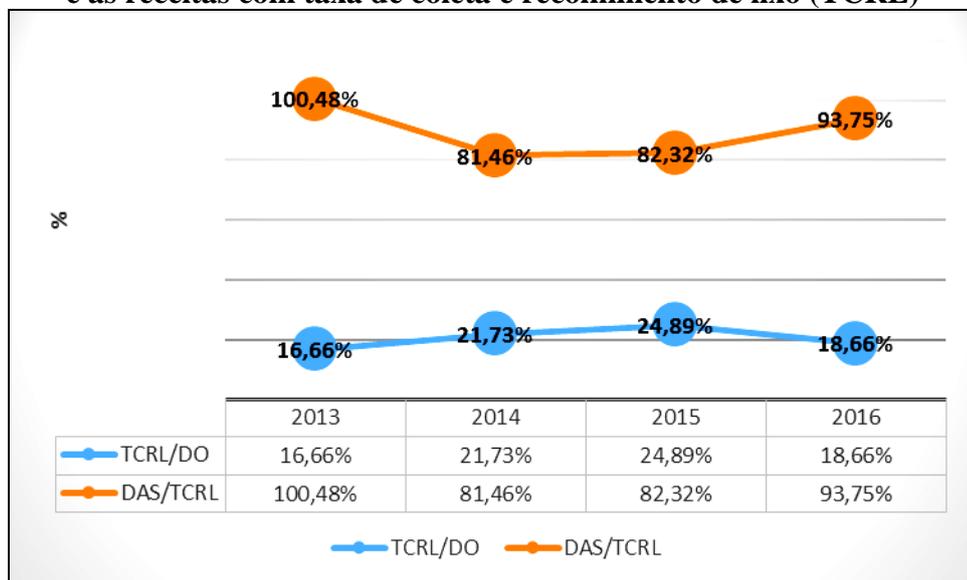
4 - GDAS= Gastos com Deposição em Aterro Sanitário (R\$/t)

5 - TCRL = taxa de coleta de resíduos e lixo

Verifica-se que a despesa per capita com a gestão de RDO variou, nesse período, de R\$ 71,61/hab./ano a R\$ 93,92/hab./ano, com média de R\$ 81,63/hab./ano. Este resultado se aproxima do dos municípios com população entre 100 e 500 mil habitantes, que apresentaram, uma média, um gasto de R\$ 88,00 (PWC, 2014).

Na Figura 8, verifica-se, no período de 2013 a 2016, a relação entre as receitas obtidas pela taxa de coleta e recolhimento de lixo (TCRL) e as despesas operacionais (DO), bem como a relação entre as despesas com disposição em aterro sanitário (DAS) e as receitas com taxa de coleta e recolhimento de lixo (TCRL).

**Figura 8 - Relação entre a taxa de coleta e recolhimento de lixo (TCRL) e as despesas operacionais (DO) e relação entre as despesas com disposição em aterro sanitário (DAS) e as receitas com taxa de coleta e recolhimento de lixo (TCRL)**



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017).

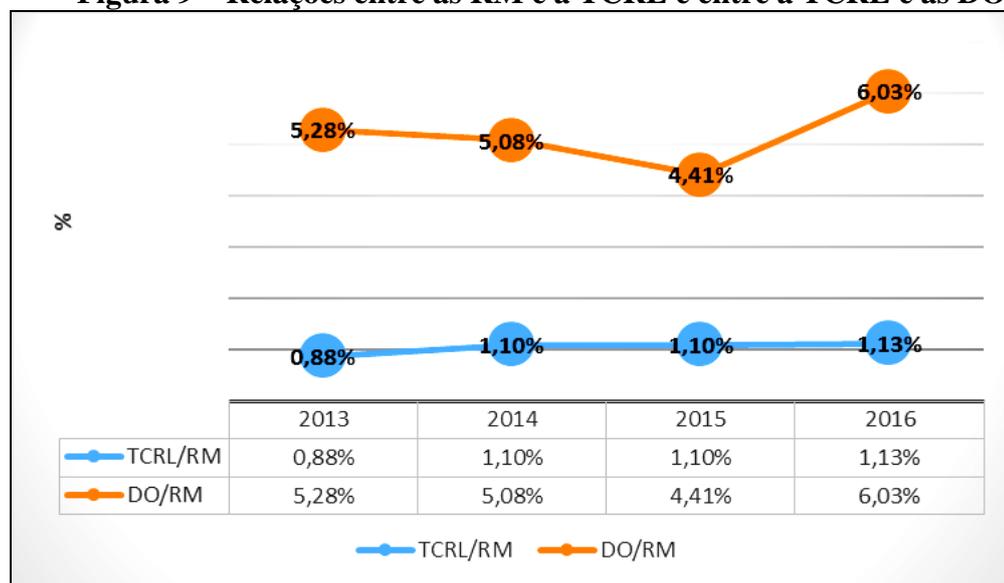
Observa-se que as receitas auferidas com a TCRL não cobrem as despesas operacionais (DO), transparecendo uma situação deficitária, uma vez que, em 2013, a arrecadação com TCRL supriu apenas a 16,66% das despesas. Os anos seguintes corroboraram uma situação de insustentabilidade financeira, como em 2014, quando a arrecadação com a TCRL supriu apenas 21,73%; das DO; 24,89% em 2015; e 18,66% em 2016. Esse déficit também foi observado por Jucá et al. (2013) no município de Natal em 2011, quando as receitas cobriram apenas de 21,4% das despesas. Dado de equilíbrio também é evidente em municípios brasileiros como Brasília (DF), com 19,8%; Salvador (BA), com 20,7%; e Belo Horizonte (MG), com 47,7% (PWC, 2010).

Considerando a média do período de 2013 a 2016, o valor arrecado com a TCRL representou 20,49% do valor necessário para atender à demanda das DO. Assim, observa-se

que, mesmo com a inexistência de inadimplência, os valores arrecadados com a TCRL não seriam suficientes para alcançar o equilíbrio financeiro em relação aos gastos com a GRSU. Apesar de existirem perspectivas de redução de gastos se o RDR fosse desviado/retirado da coleta de RDO, o quadro deficitário de sua fonte arrecadadora persistiria, uma vez que esse instrumento utiliza a área coberta dos imóveis registrados regularmente na SEMUT como parâmetro de cobrança e essa não representa a totalidade de área construída no município. (PARNAMIRIM-RN, 2017b). Dada situação denuncia uma cultura resistente no território municipal: a construção civil irregular (PARNAMIRIM-RN, 2017g). As DAS, por sua vez, consumiram toda a receita arrecadada com a TCRL no ano de 2013; apresentaram taxas de 81,5% e 82,3%, respectivamente, nos anos de 2014 e 2015; e demonstraram um crescimento em 2016.

A Figura 9 mostra, no período de 2013 a 2016, a evolução das relações existentes entre as receitas municipais (RM) e as receitas de taxas de coleta e recolhimento de lixo (TCRL) e entre as receitas municipais (RM) e as despesas operacionais (DO).

**Figura 9 – Relações entre as RM e a TCRL e entre a TCRL e as DO**

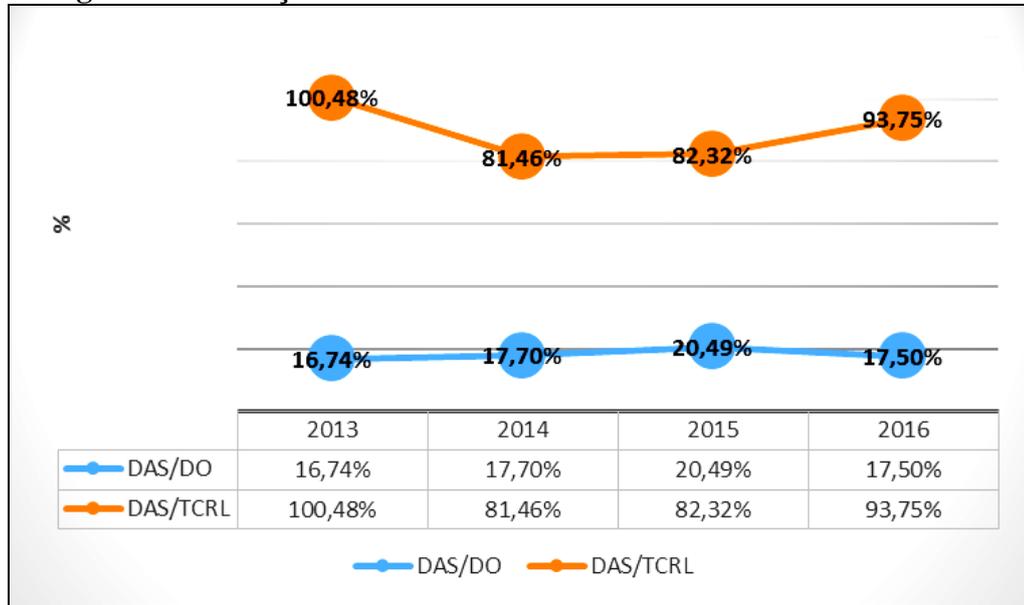


Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017).

Verifica-se que, nesse período, as receitas auferidas com a TCRL representaram, em média, apenas 1,05% das RM e, em contrapartida, as DO consumiram, em média, 5,20% das RM. O valor das DO em relação à RM está abaixo do valor da média de Natal no ano de 2010, com 7,2% (JUCÁ et al., 2013), próximo aos valores das médias de Brasília, com 4,7%; São Paulo, com 5,3%; e Rio de Janeiro, com 6,8%, e distante do valor da média de Salvador, com 12,5% (PWC, 2010).

No que concerne à utilização do aterro sanitário como única solução para a disposição final dos RSU, a Figura 10 demonstra as relações existente entre as DAS e as DO e entre as DAS e as TCRL.

**Figura 10 – Relações entre as DAS e as DO e entre as DAS e a TCRL**



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017).

Observa-se que, no período de 2013 a 2016, os custos com as DAS representaram, em média, 18,11% das DO e consumiram, em média, 89,53% das receitas obtidas com a TCRL. Sublinha-se que, no ano de 2013, a TCRL superou em mais de 100% as DAS.

Os dados acima decorrem da decisão de utilizar o aterro sanitário como única tecnologia para a disposição final dos RDO. Contudo, outras rotas tecnológicas poderiam ser aplicadas à GRSU, conforme indicado por Jucá et al. (2013) quando preconizam a adoção de coletas diferenciadas para os resíduos recicláveis no relatório sobre as principais rotas tecnológicas de destinação de RSU no Brasil e no exterior. Os autores apontam que a decisão sobre a escolha da tecnologia apropriada deve considerar as circunstâncias locais; as perspectivas econômicas mais promissoras; o retorno dos materiais recicláveis ao ciclo industrial; a economia; a geração e a diversificação da matriz energética; e a expansão dos patamares de geração de emprego e renda.

Jucá et al. (2013) constataram, em municípios com população entre 30 mil e 250 mil habitantes, faixa populacional em que se enquadra o município de Parnamirim, a utilização de duas rotas tecnológicas: uma clássica e outra não clássica. A primeira envolve a coleta domiciliar diferenciada, o transporte, o transbordo (se necessário) e o aterro sanitário. A

segunda inclui, após o transporte e o transbordo (se necessário), a triagem e a compostagem (se necessária). Nesse contexto, as ações voltadas para o aproveitamento energético e a compostagem de matéria orgânica foram classificadas como incipientes.

#### 4.1.3 Legislação pertinente a resíduos sólidos no município de Parnamirim

Apesar da ausência do plano municipal de resíduos sólidos, a legislação do município aponta a preocupação com o tema limpeza pública de resíduos sólidos em seus instrumentos legais, conforme indicado no Quadro 9.

**Quadro 9: Legislação e portaria municipal que abordam o tema de resíduos sólidos**

Legislação/Portaria	Abordagem	Artigo
Lei Complementar nº 1.120 de 14 de fevereiro de 2002	Dispõe sobre o serviço de limpeza urbana do município de Parnamirim e dá outras providências	TODOS
Lei Complementar nº 022 de 27 de fevereiro de 2007	Dispõe sobre a estrutura, a reestruturação organizacional do Poder Executivo do Município de Parnamirim e dá outras providências	ART. 55 - ESTRUTURA DA SELIM ANEXO I - DAS ATRIBUIÇÕES - ITEM 11
Lei Ordinária nº 053 de 20 de julho de 2011	Dispõe sobre a política municipal de meio ambiente de Parnamirim e dá outras providências	CAPÍTULO I - DOS RESÍDUOS SÓLIDOS - ART. 126
Lei Ordinária nº 1.702 de 12 de março de 2015	Dispõe sobre a implementação da coleta seletiva de resíduo reciclável nas unidades escolares da rede municipal de ensino	TODOS
Portaria nº 001/2016 - GS/SEMUR de 14 de julho de 2016	Instrui tecnicamente, estabelecendo os critérios mínimos e padrões para a aprovação dos projetos de casa de lixo (geração individual em massa)	ITEM 3 - CASA DE LIXO

Fonte: Parnamirim-RN (2002, 2007, 2011, 2015a, 2016c, 2017a).

Nota: Secretaria Municipal de Limpeza Urbana (SELIM).

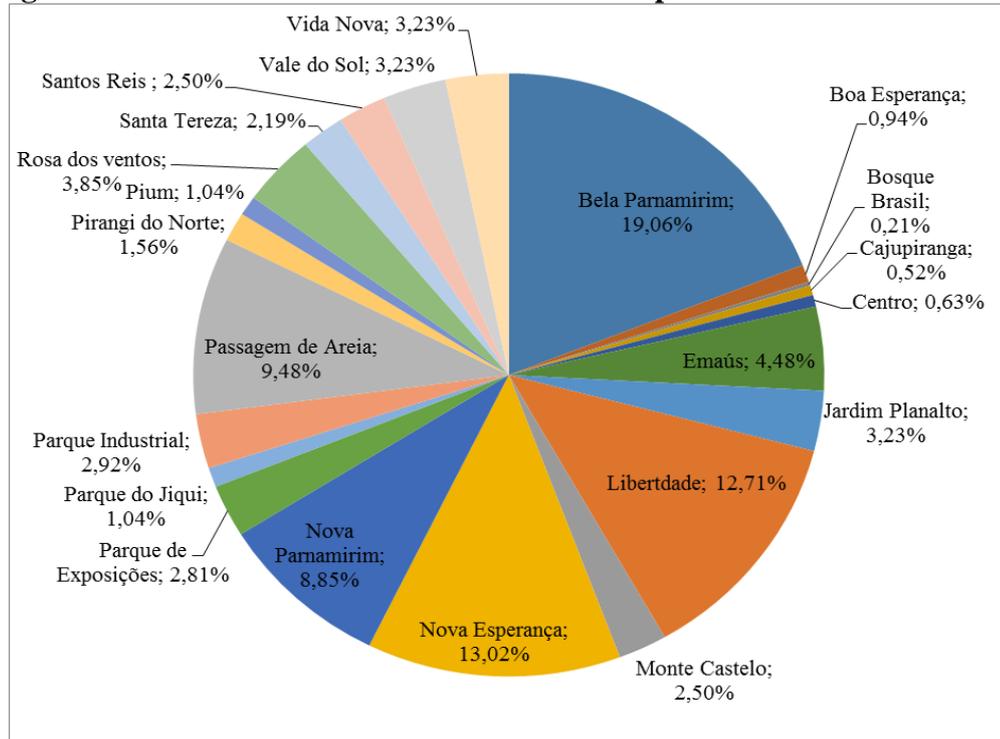
Embora esteja preconizada pela Lei Ordinária nº 1.702 de 12 de março de 2015, explicitada no Quadro 9, para as unidades escolares, a coleta seletiva não possui política efetiva no município.

#### 4.1.4 Catadores de RDR no município de Parnamirim-RN

Apesar da ausência de uma política voltada diretamente para um programa de coleta seletiva, a prefeitura mantém um cadastro único com a relação das famílias classificadas como catadoras de material reciclável. Esses dados representam 200 famílias, totalizando um montante de 960 pessoas. Os bairros com maior taxa de concentração somam 63,15% desse contingente de trabalhadores, quais sejam: Bela Parnamirim, com 19,09%; Nova Esperança,

com 13,02%; Liberdade, com 12,71%; Passagem de Areia, com 9,48%; e Nova Parnamirim, com 8,85% (PARNAMIRIM- RN, 2017d). A Figura 11 demonstra, de acordo com o cadastro único, um gráfico da participação de cada bairro, com a taxa de indivíduos que estão elencados como catadores.

**Figura 11- Percentual de catadores cadastrados por bairro em Parnamirim**



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017).

O município de Parnamirim não fornece dados oficiais a respeito dos catadores existentes, uma vez que eles atuam de forma autônoma, independente e dispersa no território municipal (PARNAMIRIM-RN, 2017e).

#### 4.1.5 Composição gravimétrica do RDO

Para a obtenção dos dados da composição gravimétrica, foram executadas seis amostragens, que ocorreram em dias alternados da semana, totalizando 298,3kg de RDO. Devido à operacionalização na estação de transbordo, o processo de gravimetria se deu, no turno da manhã, no primeiro transporte de RDO que adentrou no equipamento sanitário. Durante a coleta, não houve incidência de pluviometria na região. Os caminhões compactadores dos quais foram retiradas as amostras tiveram origem nos bairros de Nova

Esperança (antigo bairro de Pirangi de Dentro), Praias, Nova Parnamirim, Cohabinal, Emaús e Centro. Estes concentram, em média, 50% da população do município (IBGE, 2015). O resultado das amostras está especificado na Tabela 13.

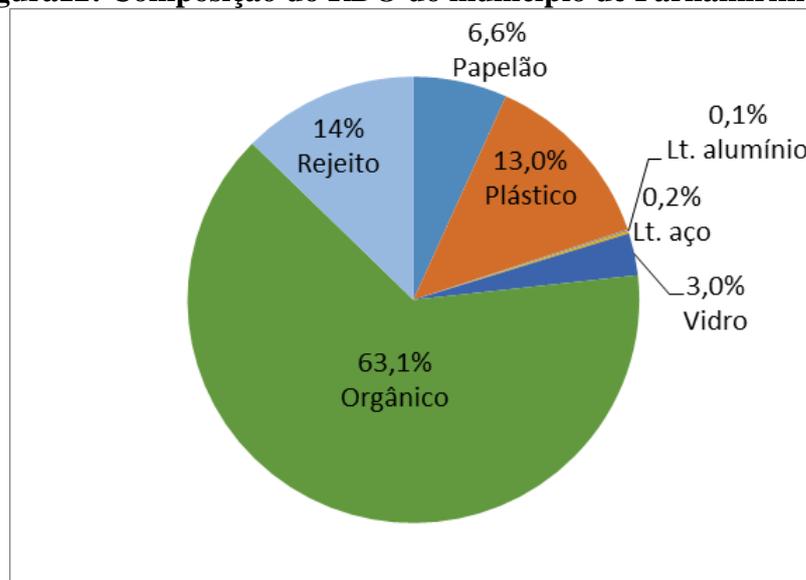
**Tabela 13 – Gravimetria das amostras de RDO em bairros de Parnamirim-RN**

Local da coleta: Estação de transbordo de Parnamirim-RN							Total	
Data da coleta	14.06.16	13.12.16	14.12.16	15.12.16	23.12.16	06.01.17		
Origem (bairros)	Nova Esperança	Praias	Nova Parnamirim	Cohabinal	Emaús	Centro		
Material	%						Kg	%
Papelão	0,0	13,3	9,4	3,2	1,6	7,8	19,7	6,6
Plástico	8,4	13,6	18,4	7,5	18,8	12,2	38,7	13,0
Alumínio (lata)	0,0	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	0,4	0,1
Aço (lata)	0,1	0,0	0,0	0,4	0,1	0,3	0,5	0,2
Vidro	1,1	1,7	1,9	2,2	1,4	7,8	8,9	3,0
Matéria orgânica	42,5	64,6	49,5	76,8	75,1	62,5	188,2	63,1
Rejeito	47,9	6,7	20,4	9,7	2,9	9,3	41,9	14,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	298,3	100,0

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017).

A composição gravimétrica dos resíduos domiciliares (RDO) do município apresenta maior e menor taxas, respectivamente, de resíduos orgânicos, 63,1%, e de latas de alumínio, 0,1%, totalizando 22,9% de resíduos domiciliares recicláveis (RDR). A composição dos RDO está disposta na Figura 12.

**Figura12: Composição do RDO do município de Parnamirim-RN**



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017).

Observa-se que a matéria orgânica atinge a maior taxa de geração em todas as amostras, totalizando 63,1%. Esse valor está próximo ao do município de São Paulo, que segundo Vilhena (2010), é de 62,8%; superior à média nacional, de 51,4% (MMA, 2012b); e à média estadual, de 37,49% (SEMARH, 2012).

Os materiais recicláveis atingiram 22,9% dos RDO caracterizados, com participação significativa dos plásticos. Os dados resultantes desse processo são fundamentais para tomada de decisão no tocante à implementação de um programa de coleta seletiva, pois proporcionam a identificação e os potenciais locais de geração dos resíduos domiciliares recicláveis (RDR). Assim, podem orientar os interessados em participar de parcerias com o poder público municipal; os roteiros de coleta; o planejamento da estrutura de locais para triagem e armazenamento; e o apoio aos processos de comercialização e gestão.

#### 4.2 NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (GRSU) DO MUNICÍPIO DE PARNAMIRIM-RN

Após a submissão da metodologia à apreciação dos gestores da SEMUR e da SELIM, foram obtidos resultados por meio das dimensões política, tecnológica, econômica, ambiental, do conhecimento e da inclusão social. Nos Quadros 10 a 15, constam esses resultados dos níveis de sustentabilidade.

**Quadro 10 : Resultados dos indicadores para a dimensão política**

Dimensão	Pergunta chave	Indicador	Descritor	Nota	SEMUR	SELIM
1- Política (P)	Está em concordância com a Política Federal de Saneamento Básico?	P1 - Intersetorialidade	Três secretarias municipais no mínimo	5	5	5
			Duas secretarias municipais	3		
			Somente uma secretaria	1		
		P2 - Universalidade	75% a 100%	5	3	3
			30% a 75%	3		
			< 30%	1		
		P3 - Integralidade dos serviços de saneamento básico	Água/esgoto/resíduos/drenagem	5	3	3
			Dois a três serviços de saneamento	3		
			Apenas abastecimento de água	1		
	Está em concordância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos?	P4 - Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	Possui	5	0	0
			Em processo de conclusão do plano	3		
			Não possui	0		
P5 - Fiscalização dos serviços de		Em todo o município	5	5	5	
		Apenas no centro da cidade sede	2			

	limpeza urbana	Não possui	0		
Subtotal Máximo / Subtotal Avaliado			25	16	16
Nível de Sustentabilidade (NS)	$5,0 \leq NS \leq 8,0$	Média sustentabilidade		6	6

Fonte: Santiago e Dias (2012).

A dimensão econômica foi classificada como de média sustentabilidade. Esse valor teve como principal implicador a ausência de um Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, uma vez que o envolvimento direto de três secretarias, meio ambiente/urbanismo, limpeza pública e obras/saneamento, no processo de gestão dos RSU se apresenta como um fator relevante para a execução de ações sólidas e duradouras nessa temática.

A universalização diz respeito ao atendimento adequado a todas às pessoas pelo serviço de gestão dos RSU, garantindo as condições de saúde pública (MILANEZ, 2002). Seu conceito está disposto na Lei nº 11.445 de 2007, que estabelece as diretrizes para o saneamento básico, como o acesso de todos os domicílios do território municipal ao serviço. No caso de Parnamirim, o atendimento atinge 100% da população com a coleta de RDO, no entanto, não atinge a totalidade da população com a coleta dos outros resíduos urbanos.

Além disso, o município não possui uma rede eficiente de drenagem e o sistema de coleta e de tratamento de esgotos está em processo de implementação. O sistema de abastecimento de água, contudo, segundo os gestores consultados, abrange a completude do território municipal. Apesar de dispor de legislação voltada aos RSU, o município não dispõe de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Todavia, existe fiscalização que atende à totalidade do território, identifica os problemas voltados à GRSU e indica sua correção.

**Quadro 11 : Resultados dos indicadores para a dimensão tecnológica**

Dimensão	Pergunta chave	Indicador	Descritor	Nota	SEMUR	SELIM
2 – Tecnológica (T)	Observar os princípios da tecnologia apropriada?	T1 – Utilização de mão de obra local	Em todas as fases de gerenciamento de resíduos sólidos	5		
			Coleta e administração	3	3	3
			Apenas coleta	1		
		T2 - Manutenção dos equipamentos realizada localmente	Em todas as fases de gerenciamento de resíduos sólidos	5		
			Apenas transporte	2		
			Manutenção externa	1	1	1
T3 - Reaproveitamento	Contempla todos os itens	5				

		de baixo consumo de energia, independência de pagamento de patentes e <i>royalties</i> , manuseio fácil e emprego de mão de obra local ao saneamento	Somente baixo consumo de energia e independência de pagamento de royalties e patentes	3		
			Ausência	0	0	0
		T4 - Veículo coletor específico e apropriado às necessidades de geração local em termos de capacidade	Sim (apenas para esta função)	5	5	5
			Sim (também utilizado em outras funções municipais)	2		
			Ausência	0		
Subtotal Máximo / Subtotal Avaliado				20	9	9
Nível de Sustentabilidade (NS)	5,0 ≤ NS ≤ 8,0		Média sustentabilidade		5	5

Fonte: Santiago e Dias (2012).

A dimensão tecnológica foi classificada como de média sustentabilidade. Isso se deve à forma de gestão adotada, uma vez que o serviço de limpeza urbana do município é executado por empresa terceirizada. Positivamente, os equipamentos de transporte de RDO são adequados às características dos resíduos, de sua coleta à sua disposição final. Negativamente, a administração local ainda não emprega tecnologias que possam potencializar o reaproveitamento de materiais e de recursos naturais que gerem a economia de gastos financeiros e a mitigação de impactos ambientais causados pelos resíduos.

**Quadro 12 : Resultados dos indicadores para a dimensão econômica**

Dimensão	Pergunta chave	Indicador	Descritor	Nota	SEMUR	SELIM
3 - Econômica (E)	Existe capacidade de pagamento pela população	E1 - Origem dos recursos para o gerenciamento de resíduos sólidos	Existência de taxa específica para serviço de limpeza pública	5		
			Cobrança de taxa junto com IPTU	2	2	2
			Inexistência de cobrança de taxa de serviço	0		
		E2 - Percentual auto financiamento do custo de coleta, tratamento e deposição final	90% a 100% financiada	5		
			40% a 90% financiada	3		
			< 40% financiada	1	1	1
	A gestão dos resíduos sólidos urbanos é auto financiada?	E3 - Percentual do orçamento do município destinado aos serviços de limpeza	até 5%	1	1	1
			5% a 10%	3		
			> 10%	5		

	pública				
	E4 - Aplicação dos recursos provenientes da coleta seletiva	Na própria manutenção da coleta seletiva	5		
		Atividades socioculturais e assistenciais	3		
		Outra	1		
Subtotal Máximo / Subtotal Avaliado			20	4	4
Nível de Sustentabilidade (NS)	$1,0 \leq NS \leq 4,0$	Baixa sustentabilidade		2	2

Fonte: Santiago e Dias (2012).

A dimensão econômica foi classificada como de baixa sustentabilidade. Esse resultado pode ser reflexo de um nível expressivo de inadimplência na fonte de custeio da GRSU, que, no período de 2013 a 2016, alcançou média de 48,27% (PARNAMIRIM-RN, 2017b). Em outras palavras, aproximadamente 50% dos imóveis lançados no IPTU não fizeram o pagamento do referido imposto no período investigado, impactando a autossuficiência do sistema de limpeza pública, que não atinge equilíbrio financeiro suficiente para manter a qualidade do serviço prestado à população. Ressalta-se que os imóveis lançados se tratam apenas das construções registradas regularmente na SEMUT, que não representam a totalidade de área construída no município.

Nessa ótica, verifica-se a importância de uma visão macro do gestor público, pois a GRSU não depende apenas dos órgãos envolvidos nela diretamente, mas da ação eficaz de segmentos administrativos que têm como função direta a arrecadação de recursos financeiros, caso da SEMUT.

A instabilidade financeira, além de ser causada pelo nível de inadimplência do IPTU, provém da inexistência de um programa de coleta seletiva no município, que representa gastos que poderiam ser evitados ou reduzidos. Caso fossem retirados do sistema de coleta, transbordo e disposição final, os resíduos domiciliares recicláveis (RDR) poderiam propiciar uma retração das despesas.

**Quadro 13 : Resultados dos indicadores para a dimensão ambiental**

Dimensão	Pergunta chave	Indicador	Descritor	Nota	SEMUR	SELIM
4 - Ambiental (A)	Exerce impacto ambiental mínimo?	A1 - Eficiência de coleta	91% a 100%	5		
			31% a 90%	2	2	2
			< 30%	1		
		A2 - Satisfação da população em relação à coleta pública periodicidade/frequência/h orário)	> 70%	5		
			30% a 70%	3	3	3
			< 30%	1		

	A3 - Existência de lixeiras públicas	Em toda área urbana instaladas em locais de circulação de pessoas	5		
		Somente no centro da cidade sede	2	2	2
		Não possui lixeiras	0		
	A4 - Existência de coleta seletiva no município	Sim	5		
		Em fase de implantação	3		
		Não existe	0	0	0
	A5 - Abrangência da coleta seletiva no município	Todo o município	5		
		Toda área urbana do município	4		
		Exclusivamente e alguns bairros da área urbana	1		
	A6 - Existência de pontos para entrega voluntária dos resíduos segregados	Atende a mais de 50% da população	5		
		Atende a menos de 50% da população	3		
		Não possui	0	0	0
	A7 - Índice de recuperação de materiais recicláveis	Acima de 10%	5		
5,1% a 10%		3			
Até 5%		1	1	1	
A8 - Recuperação de resíduos orgânicos	Acima de 30%	5			
	5,1% a 30%	3			
	Até 5%	1		1	
A9 - Geração de resíduos sólidos urbanos per capita(kg/hab. ano)	< 307	5			
	307 a 376	3	3		
	> 376	1		1	
A10 - Aterro sanitário controlado/licenciado	Sim	5	5	5	
	Em processo de licenciamento	3			
	Não licenciado ou lixão	0			
A11 - Existência de aterro para resíduos inertes(resíduos de construção e demolição)	Sim e com reaproveitamento	5			
	Sim e apenas para disposição	2	2	2	
	Não possui	0			
A12 - Número de pontos de resíduos clandestinos/extensão total das vias em Km <sup>10</sup>	Nenhum	5			
	0,1 a 0,4	3		3	
	≥ 0,4	1			
A13 - Recuperação de áreas degradadas por resíduos	Totalmente	5			
	Parcialmente	3			
	Ausente	0	0	0	
Subtotal Máximo/Subtotal Avaliado			55	18	20
Nível de Sustentabilidade (NS)	1,0 ≤ NS ≤ 4,0	Baixa sustentabilidade		3	4

Fonte: Santiago e Dias (2012).

O nível de sustentabilidade para dimensão ambiental foi classificado como baixo. Apesar da disposição ambientalmente correta dos RDO em aterro sanitário, que ocorre de forma eficiente, outros resíduos urbanos têm apresentado dificuldades em seu manejo. A exemplo desses materiais, estão os resíduos da construção civil e de podas, que dependem de área adequada para sua disposição, atualmente, em processo de licenciamento ambiental para sua operação, gerando, assim, deficiência do manejo e diminuição do nível de satisfação do serviço frente à demanda dos munícipes.

A coleta seletiva não foi implementada no município, assim como ações voltadas para a coleta de resíduos recicláveis em pontos estratégicos da cidade. Por consequência, a recuperação de resíduos sólidos recicláveis ou de resíduos orgânicos não obedece a uma diretriz municipal que organize essas ações.

A recuperação da área degradada pelo antigo lixão, que foi desativado em 2004, foi efetivada com cobertura e compactação do local com solo de empréstimo. Em outros locais onde os resíduos sólidos possam ser depositados de forma irregular, são executados sua coleta e seu encaminhamento para local apropriado. Existem vários desses pontos de disposição irregular, resultantes da desinformação da população e da ação de transportadores clandestinos de resíduos sólidos, a exemplo dos carroceiros.

**Quadro 14 : Resultados da dimensão do Conhecimento**

Dimensão	Pergunta chave	Indicador	Descritor	Nota	SEMUR	SELIM
5 – Conhecimen- -to (C)	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 de resíduos sólidos ou	C1 - Recursos alocados para ações de Educação Ambiental (em relação ao custo da limpeza pública)	≥ 3%	5		
			1% a 2,9%	2		
			< 1%	1	1	1
		C2 - Inclusão de ações de Educação Ambiental	Durante o diagnóstico, concepção, implantação.	5		
			Somente durante a fase de implantação	3		
			Nenhuma	0	0	0
		C3 - Capacitação contínua de agentes que atuam na área de limpeza pública	Presença	5		
			Presença de forma esporádica	3		
			Ausência	0	0	0
	C4 - Realização de avaliação da gestão dos RS de forma participativa	Realiza anualmente	5			
		Realiza de forma esporádica	3			
		Não há	0	0	0	
	C5 - Material informativo sobre o manejo dos resíduos sólidos	Construído com comunidade local	5			
		Elaborado pela equipe técnica	3	3	3	
		Não tem	0			

seja, existe controle social conforme proposto pela Política Nacional de Resíduos Sólidos? A população contribui adequadamente com a coleta seletiva?	C6 - Realização de eventos municipais com a temática ambiental	Eventos anuais	5	3	3
		Esporadicamente	3		
		Ausência de eventos	0		
	C7 - Número de parceiros (Associações, universidades, setor privado, movimentos sociais)	Duas ou mais	5	0	0
		Menos de duas	2		
		Não tem	0		
	C8 - Existência de Conselhos (Saneamento, Saúde, Meio Ambiente)	Conselho de Saneamento	5	3	3
		Outro	3		
		Não tem	0		
	C9 - Formas de mobilização	Planejamento participativo	5	0	3
		Reuniões informativas	3		
		Nenhuma	0		
	C10 - índice de rejeito IR(%) (Está relacionado com a coleta seletiva.	≤ 7%	5		
7,1% a 20%		3			
> 21%		1			
Subtotal Máximo / Subtotal Avaliado			50	10	13
Nível de Sustentabilidade (NS)	1,0 ≤ NS ≤ 4,0	Baixa sustentabilidade		2	2

Fonte: Santiago e Dias (2012).

A dimensão do conhecimento foi classificada como de baixa sustentabilidade. As ações voltadas para educação, treinamento e conscientização se mostraram incipientes no município. As iniciativas de comunicação existentes entre o poder público e os munícipes, porém, consistem na produção de material informativo sobre resíduos sólidos, elaborado pela equipe técnica; na organização de eventos esporádicos, como a Semana de Meio Ambiente, envolvendo a temática ambiental e a gestão dos resíduos sólidos; e na existência do Conselho de Meio Ambiente, com reuniões informais.

Contudo, essa dimensão deve atender ao que preconiza a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), que aponta o controle social como instrumento fundamental de empoderamento dos cidadãos “nos processos de formulação de políticas, de planejamento e de avaliação relacionados aos serviços públicos de saneamento básico” (BRASIL, 2007). Caso exista aspiração do poder público para construção de um ambiente propício para a implementação de um programa de coleta seletiva, esse instrumento deve ser aplicado.

#### Quadro 15 : Resultados dos indicadores para a dimensão de inclusão social

Dimensão	Pergunta chave	Indicador	Descritor	Nota	SEMUR	SELIM
6 - Inclusão Social (S)	Contempla a inserção de catadores e de artesãos de forma organizada na	S1 - Catadores organizados (cooperativas e associações)	Todos organizados	5		
			Parte organizada	3		
			Presença de catadores na área de disposição final	0		

gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos?	S2 - Renda per capita mensal obtida pelos catadores	> 1 salário mínimo	5		
		1 salário mínimo	3		
		< 1 salário mínimo	1		
	S3 - Abrangência dos cursos de capacitação promovidos aos catadores	> 90%	5		
		50% a 90%	4		
		< 50%	1		
	S4 – Salubridade no local do trabalho dos catadores (EPI, banheiros, refeitórios, armazenamento adequado do refugo e dos recicláveis, cobertura e piso impermeável)	Contempla todos os itens	5		
		Somente EPI e banheiro	3		
		Ausente	0	0	0
	S5 - Artesãos que utilizam resíduos pós-consumo como fonte de renda	Organizados em cooperativas e ou associações com renda fixa	5		
		Organizados em cooperativas e ou associações sem renda fixa	3	3	3
		Inexiste	0	0	
	S6 - Pessoas atuantes na cadeia de resíduos sólidos que têm acesso a apoio ou a orientação definidos em uma política pública municipal (COR DIFERENTE)	Existência de um programa municipal de apoio aos catadores com convênio formal	5		
		Existência de um programa municipal de apoio aos catadores sem convênio formal	3		
		Inexistência de política municipal para apoio aos catadores	0	0	
Subtotal Máximo / Subtotal Avaliado			30	3	3
Nível de Sustentabilidade(NS)	$1,0 \leq NS \leq 4,0$	Baixa sustentabilidade	1	1	

Fonte: Santiago e Dias (2012).

A dimensão da inclusão social foi classificada como de baixa sustentabilidade. Esse nível só foi atingido porque obteve pontuação no indicador S5, que se reporta à existência de artesãos que utilizam resíduos sólidos para a geração de renda em associações não regulamentadas e sem renda fixa. Caso esse fato não fosse considerado, a dimensão se apresentaria como insustentável. Assim, o resultado obtido denuncia a falta de apoio às atividades voltadas para esse extrato comercial e social, configurando uma das dimensões que, na gestão, mais precisam de ações de melhoria.

Apesar da falta de ações da gestão pública para efetivar a implementação de um programa de coleta seletiva, o mercado de recicláveis no município existe de forma relativamente dinâmica. Isso se deve ao fato de existirem duas empresas voltadas para a

comercialização de materiais recicláveis, com licença ambiental validada e expedida pelo órgão ambiental estadual (IDEMA), instaladas no município, localizadas nos bairros de Nova Parnamirim e Santa Tereza (PARNAMIRIM-RN, 2017g). Consonantemente a isso, a SEMUR tem buscado dar apoio e orientação aos pequenos empreendedores do setor de reciclagem, vislumbrando sua regularização. Tal ação objetiva reduzir as atividades ilegais de disposição e comercialização de resíduos recicláveis, que, apesar de não atenderem à PNRS, atuam no município (PARNAMIRIM-RN, 2017g).

Desse modo, verifica-se que dada dimensão identifica claramente a fragilidade de um sistema alternativo de coleta seletiva no município, que carece de apoio do poder público para ser implementado e desenvolvido solidamente. Destaca-se que, nos resultados obtidos por dimensão, alguns questionamentos não obtiveram resposta, tendo em vista que não existiam dados reais que correspondessem a essas indagações. A partir da aplicação da matriz de indicadores de sustentabilidade, pode-se avaliar o nível de sustentabilidade da GRSU do município de Parnamirim, conforme exposto na Tabela 14.

**Tabela 14 - Nível de sustentabilidade da GRSU de Parnamirim-RN**

Dimensão	Pontuação		Índice
	SEMUR	SELIM	
Política	6	6	6
Tecnológica	5	5	5
Econômica	2	2	2
Ambiental	3	4	3,5
Conhecimento	2	3	2,5
Inclusão Social	1	1	1
Sistema de GRSU	3	4	3,5
			<b>NS</b>
			<b>3,5</b>

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2016).

O resultado do sistema de GRSU reflete um nível de baixa sustentabilidade, corroborando as avaliações realizadas em todas as dimensões, em particular, na da inclusão social, que deixou patente a ausência de ações públicas que conduzam a caminhos imediatos promotores da implementação de um programa de coleta seletiva. Verifica-se, portanto, que a gestão de resíduos sólidos do município, apesar de apresentar características operacionais que abrangem quase a totalidade da população, necessita de ações que aumentem sua sustentabilidade, partindo de todas as dimensões avaliadas.

#### 4.3 ESTIMATIVAS DE BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS COM A IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE COLETA SELETIVA

Considerando o baixo nível de sustentabilidade do sistema de GRSU e tendo como proposição a implementação da coleta seletiva no município de Parnamirim, alguns parâmetros foram avaliados, a partir das dimensões econômicas e ambientais, a fim de que possam colaborar na análise de viabilidade, visando à melhoria na gestão de RDO e ao atendimento aos princípios da PNRS, com inserção social de catadores de materiais recicláveis na gestão dos RDR. Para a composição dos fatores, foram utilizados os dados da pesquisa, expostos na Tabela 15.

**Tabela 15 - Dados da pesquisa**

Dados	2013	2014	2015	2016
RDR = Gravimetria (t)	13.456,58	14.062,94	13.819,78	14.362,01
RDO = DAS (t)	58.642,62	61.285,08	60.225,44	62.588,40
RM (R\$)	347.228.075,49	376.919.428,11	394.012.611,12	387.245.524,26
DO (R\$)	18.328.847,16	19.137.603,00	17.357.502,06	23.350.718,54
TCRL (R\$)	3.053.018,96	4.157.990,50	4.320.927,74	4.358.036,40
Hab./ano (Und.)	229.414	235.983	242.384	248.623
GDAS (R\$/t)	52,31	55,27	59,06	65,28
Despesa com GDAS = RDO*GDAS(R\$)	3.067.595,40	3.387.226,37	3.556.914,49	4.085.770,75
TEEI - NE (R\$/MWh)	216,92	239,20	313,82	333,76

Fonte: Parnamirim-RN (2017); Parnamirim-RN (2017 c); ANEEL (2017); MS (2017).

Nota: Taxa de Coleta e Remoção de Lixo (TCRL); Tarifa de Energia Elétrica Industrial (TEEI).

As propostas de indicadores para o município de Parnamirim, resultantes dos dados obtidos em diferentes fontes de informação, estão elencados na Tabela 16.

**Tabela 16 - Resultado de parâmetros propostos**

Parâmetros	2013	2014	2015	2016
Ec 1	4.197.306,00	4.382.511,09	3.974.867,97	5.347.314,55
Ec 2	6.621.605,19	6.095.217,77	3.997.273,87	6.021.070,17
Ec 3	1,21	1,16	1,01	1,38
Ec 4	13,31	17,62	17,83	17,53
Ec 5	702.479,35	775.674,84	814.533,42	935.641,50
Am 1	46.185,94	47.495,30	42.298,39	42.442,19
Am 2	0,11	0,11	0,10	0,10
Am 3	2.182.100,83	2.514.651,43	3.242.070,55	3.583.356,34

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017).

Os resultados apontaram reflexões nas dimensões econômica e ambiental que, decorrentes da presença de recicláveis nos resíduos domiciliares de Parnamirim, podem promover melhorias em parâmetros econômicos, ambientais e, conseqüentemente, sociais. Na dimensão financeira, a proposta de parâmetro

- Ec 1 demonstra uma economia de gasto total de R\$ 17.901.999,60 nas DO, com o desvio/retirada de RDR dos processos de coleta, transporte e disposição final de resíduos sólidos. Esse valor excede em R\$ 3.804.492,59 o montante que foi despendido com as despesas de disposição dos resíduos no aterro sanitário (DAS), que, no mesmo período, foi de R\$ 14.097.507,01. Da mesma forma, excede em R\$ 2.090.200,67 as receitas auferidas com a TCRL, que foram de R\$ 15.889.973,60 (PARNAMIRIM-RN, 2017, 2017b);
- Ec 2 demonstra os valores que poderiam ser auferidos com a comercialização dos RDR no período pesquisado totalizando R\$ 22.735.167,00, que representa uma média mensal de R\$ 473.649,31. Essa média mensal, segundo o MMA (BRASIL, 2008), poderia custear a implementação de um galpão de triagem pequeno de 300 m<sup>2</sup>, englobando obra civil no valor de R\$ 298.452,00 e equipamentos (uma prensa, uma balança e um carrinho) no valor de R\$ 42.636,00 (valores atualizados de acordo com o dólar comercial para compra de R\$ 1,75 em 31/03/2008 e valor de R\$ 3,23 em 12/07/2017 (IPEA, 2017a)). Ademais, resulta em um excedente de R\$ 132.561,30, que poderia ser aplicado em treinamento, educação, saúde e renda para os trabalhadores. Nos meses subsequentes à implementação, as entradas de valores de venda de RDR, deveriam ser geridas de forma a proteger os trabalhadores das flutuações do mercado de recicláveis;
- Ec3 certifica que as verbas auferidas com a comercialização dos RDR resultariam em um acréscimo médio de 1,52% nas receitas municipais, que poderia ser aplicado em outras áreas ou revertido em ações de educação ambiental e valorização dos atores que operam na área de coleta de resíduos recicláveis;
- Ec4 aponta os recursos arrecadados por hab./ano com a TCRL durante cada ano pesquisado, que deveriam custear os gastos com limpeza urbana. A média de receita per capita no período pesquisado é de R\$ 16,57, enquanto a média de despesas com a gestão dos resíduos é de R\$ 81,63, ou seja, o valor arrecadado corresponde a apenas 20,3% do necessário para a gestão. Em outros municípios do país, a média de despesas com a gestão de resíduos foi de R\$ 114,84 em 2013; de R\$ 119,76 em 2014; e de R\$ 121,80 em 2015. Na região nordeste, os valores também se mostram inferiores, sendo de R\$ 109,32 em

2013; de R\$ 100,44 em 2014; e de R\$ 102,48 em 2105 (ABRELPE, 2013; ABRELPE, 2014; ABRELPE, 2015);

- Ec5, no período pesquisado, apresentou valor total de R\$ 3.242.426,61, que representa uma redução de 22,9% das despesas com disposição em aterro sanitário (DAS). Essas despesas totalizam R\$ 14.097.507,01.

Na dimensão ambiental, a proposta de parâmetro

- Am1 traduziu uma redução do volume de disposição de resíduos no aterro sanitário que, após sua compactação, totaliza 178.421,82 m<sup>3</sup>, propiciando, desse modo, economia de espaço para sua disposição e, conseqüentemente, prolongamento de sua vida útil. Deve-se salientar que, no período pesquisado, a quantidade de RDR que poderia ser desviada/retirada da coleta de RDO, deduzindo a taxa de rejeito, alcançaria um total de resíduos soltos 42.263,29 t, com 10.940,20 t para 2013; 11.250,35 t para 2014; 10.019,34 t para 2015; e 10.053,40 t para 2016, equivalentes ao total de 192 dias de coleta de resíduos domiciliares ou a 48 dias de coleta por ano, considerando a coleta diária de 220 t (PARNAMIRIM-RN, 2015). Esse resultado reflete uma possível diminuição do número de viagens das carretas *roll-on/roll-off* até o aterro sanitário, que poderia acarretar a redução de gastos financeiros e a mitigação de impactos ambientais decorrentes do processo;
- Am 2 evidenciou a economia do tempo de vida útil do aterro sanitário com o desvio/retirada de RDR da coleta domiciliar, considerando a capacidade do projeto de 8.529.010 m<sup>3</sup> em 20 anos. No período pesquisado, a retirada dos RDR do aterro equivaleria a uma economia de 152,71 dias de vida útil. Com isso, demonstra-se que a coleta seletiva proporciona benefícios ambientais, já que uma menor área poderia ser utilizada para sua implementação ou um maior tempo de vida útil seria disponibilizado, economizando recursos naturais e protegendo o meio ambiente.
- Am 3 aponta uma economia financeira de energia elétrica de R\$ 11.522.179,15, que, se comparada à tarifa residencial média cobrada aos consumidores de baixa renda com consumo entre 30KWh e 100KWh pela Companhia Energética do Rio Grande do Norte (COSERN) no ano de 2016, R\$ 232,55(ANEEL, 2017b), atenderia a 49.547 domicílios. Esse indicador demonstra um benefício para o sistema de energia elétrica, ou seja, o que poderia ser economizado em geração de energia para a fabricação de igual quantidade de materiais, sendo um atrativo para indústrias que venham a utilizar o RDR como matéria prima em seus processos fabris.

Diante dos parâmetros elencados, é possível avaliar positivamente a implementação de um programa de coleta seletiva no município em estudo. Isso proporcionaria ocupação e

geração renda para os catadores que vivem à margem desse sistema e que, mesmo sem a organização necessária, realizam uma atividade benéfica ao meio ambiente. Reafirma-se, portanto, que esses trabalhadores poderiam participar das etapas de gestão dos RDO, fazendo com que o município atendesse às metas estabelecidas pela PNRS, que preconiza a participação ativa de cooperativas ou associação de catadores no sistema de coleta seletiva. Os benefícios sociais de tal ação podem ser mensurados a partir dos parâmetros econômicos e ambientais supracitados, bem como dos que explicitem a melhoria da qualidade de vida dessas pessoas.

## 5 CONCLUSÃO

De acordo com a metodologia aplicada, assevera-se que a GRSU de Parnamirim foi classificada como de baixa sustentabilidade, atingindo índice 3,5. Esse NS corrobora o apurado no diagnóstico. Dado resultado, especialmente no que concerne à dimensão social, se deve à falta de políticas voltadas ao incentivo e ao apoio a programas de coleta seletiva com inclusão de catadores, conforme preconiza a PNRS. A partir dessas informações, é possível parametrizar a representatividade das dimensões avaliadas e sugerir melhorias por meio de ações de gestão.

Analisando as possíveis alterações na gestão, propõe-se a implementação de um programa de coleta seletiva, que consiste em um instrumento passível de resultar na geração de emprego e renda, bem como na redução de gastos financeiros, maquinário e mão de obra. Destaca-se que, além disso, tal programa pode alavancar nichos de mercado inexplorados na região, a exemplo de empresas de beneficiamento de alumínio, metais e materiais em plástico. A viabilidade de dada implementação, todavia, depende de que a administração municipal seja municiada com informações gerenciais que respaldem a tomada de decisão nesse sentido.

Considerando os dados gerados a partir dos indicadores de sustentabilidade, das informações obtidas no diagnóstico dos resíduos domiciliares da área de estudo e dos fatores analisados, recomenda-se que

a) o programa de coleta seletiva seja introduzido no município pelos bairros de Nova Parnamirim, Emaús e Passagem de Areia, uma vez que essas regiões apresentam maior taxa populacional e seus limites comportam atores envolvidos na coleta de materiais recicláveis;

b) a técnica de gravimetria seja exercida como ferramenta continuada para a geração de informações precisas referentes à quantidade, à localização e às características dos

materiais recicláveis existentes nos RDO do município, ancorando a tomada de decisão no processo de gestão dos resíduos urbanos;

c) o investimento em educação ambiental seja voltado para os resíduos sólidos e, mais especificamente, para a coleta seletiva, uma vez que já existe adágio legal que dispõe sobre a implementação desse instrumento na rede municipal de ensino, especificada na Lei Ordinária 1.702/2015 (PARNAMIRIM, 2015), sendo intensificada, a priori, nos bairros supracitados;

d) a alteração no parâmetro de geração de receitas seja alinhada à geração per capita de RDO, conforme norma descrita pela Portaria nº 001/2016 GS/SEMUR;

e) o redimensionamento nos instrumentos de fiscalização seja feito objetivando o combate à inadimplência do imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana (IPTU) e a identificação, com uso de geotecnologias, de construções irregulares nos limites municipais;

f) a potencialização das ações dos conselhos municipais, principalmente os de meio ambiente e saneamento, ocorra de forma a propiciar maior participação da população e, por conseguinte, a oportunizar o fortalecimento do controle social na gestão municipal.

Com base nisso, conclui-se que os resíduos sólidos domiciliares gerados no município necessitam de uma gestão, além de mais comprometida com os eixos ambiental e social, que atenda às especificidades da abrangência municipal. Sob essa ótica, ratifica-se a pertinência de uma política centrada na coleta seletiva.

Por fim, sublinha-se que a revisão bibliográfica, apesar de não ter esgotado as possibilidades de aplicação dos indicadores de sustentabilidade, demonstra a eficácia dessa ferramenta no monitoramento e no ajuste da gestão dos RDO de Parnamirim. Para tal, faz-se necessário que a administração municipal a utilize na avaliação da situação em que se encontra a gestão e no estabelecimento de metas a serem implementadas, culminando em uma gestão de resíduos ambientalmente adequada, economicamente viável e socialmente justa.

## REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, Ricardo; SPERANZA, Júlia Simões; PETITGAND, Cécile. **Lixo zero: gestão de resíduos sólidos para uma sociedade mais próspera**. São Paulo: Planeta sustentável/ Instituto Ethos, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2013**. São Paulo: Grappa Editora e Comunicações, 2014.

\_\_\_\_\_. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014**. São Paulo: Grappa Editora e Comunicações, 2015.

\_\_\_\_\_. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015**. São Paulo: ABRELPE, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12.980: resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro, 1993.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.004: resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.007: amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004a.

ACURIO, Guido; ROSSIN Antonio; TEIXEIRA, Paulo Fernando; ZEPEDA, Francisco. **Diagnóstico de lasituación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe**. Washington: Bird/Opas, 1997.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Tarifas. Relatórios de consumo e receitas de distribuição. **Tarifa média por classe de consumo e por região**. Disponível em:

<[http://relatorios.aneel.gov.br/\\_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSampRegCC.xlsx&Source=http://relatorios.aneel.gov.br/RelatoriosSAS/Forms/AllItems.aspx&DefaultItemOpen=1](http://relatorios.aneel.gov.br/_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSampRegCC.xlsx&Source=http://relatorios.aneel.gov.br/RelatoriosSAS/Forms/AllItems.aspx&DefaultItemOpen=1) > Acesso em: 01 jan. 2017.

\_\_\_\_\_. Tarifas. Relatórios de consumo e receitas de distribuição. Fornecimento. **Consumidores, consumo, receita e tarifa media – Região, empresas e classe de consumo**. Disponível em: <

[http://relatorios.aneel.gov.br/\\_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSAMPClasseConsumoNivel.xlsx&Source=http%3A%2F%2Frelatorios%2Eaneel%2Egov%2Ebr%2FRelatoriosSAS%2FForms%2FAllItems%2Easpx&DefaultItemOpen=1](http://relatorios.aneel.gov.br/_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSAMPClasseConsumoNivel.xlsx&Source=http%3A%2F%2Frelatorios%2Eaneel%2Egov%2Ebr%2FRelatoriosSAS%2FForms%2FAllItems%2Easpx&DefaultItemOpen=1) > Acesso em: 08 mar. 2017 b.

AQUINO, Israel Fernandes de. **Proposição de uma rede de associações de catadores na região da grande Florianópolis: alternativa de agregação de valor aos materiais recicláveis**. 2007. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. **Elementos de gestão de resíduos sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012.

BARROS, Regina Mambeli. **Tratado sobre resíduos sólidos: gestão, uso e sustentabilidade.** Minas Gerais: Acta, 2012a.

BESSEN, Gina Rizpah; GÜNTHER, Wanda Maria Risso; RIBEIRO, Helena; JACOBI, Pedro Roberto; DIAS, Sonia Maria. **Gestão da coleta seletiva de organizações de catadores: indicadores e índices de sustentabilidade.** São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/USP, 2016.

BESSEN, Gina Rizpah. Avaliação: indicadores de sustentabilidade. In: Julio Ruffin Pinhel (org.); ilustrado por Luciano Irrthum. **Do lixo à cidadania: guia para formação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis.** São Paulo: Petrópolis, 2013.

BIDONE, Francisco Ricardo Andrade; POVINELLI, Jurandyr. **Conceitos básicos de resíduos sólidos.** São Carlos: EESC-USP, 1999.

BISPO, Cristina de Souza. **Gerenciamento de resíduos recicláveis: estudo de cooperativas do município de Natal /RN.** 2013. 243f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)– Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é – o que não é.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASECO S/A. Aterro Sanitário. Gilsani Silva (administração). Informação verbal. Acesso em 17 dez. 2015.

BRASIL. **Lei nº 5.764**, de 16 de setembro de 1971. Define a Política Nacional de Cooperativismo, institui o regime jurídico das sociedades cooperativas, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 16 dez. 1971. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L5764.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5764.htm) >. Acesso em: 10 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 5.940**, de 26 de outubro de 2006. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 12 out. 2006. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/decreto/D5940.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/D5940.htm) >. Acesso em: 10 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 11.445**, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis n os 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei n o 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 05 jan. 2007. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/L11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445.htm) >. Acesso em: 10 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Elementos para organização da coleta seletiva e projetos dos galpões de triagem.** Brasília, 2008. Disponível em: < [http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu\\_urbano/\\_publicacao/125\\_publicacao20012011032243.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_publicacao/125_publicacao20012011032243.pdf) >. Acesso em: 05 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 12.305**, de 02 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. Diário Oficial da União, Brasília, 03 ago.2010. Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm) > Acesso em: 06 mai. 2015.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 7.404**, de 23 de dezembro de 2010a. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 23 dez. 2010. Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm) >. Acesso em: 10 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 7.405**, de 23 de dezembro de 2010b. Institui o Programa Pró-Catador, denomina Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis o Comitê Interministerial da Inclusão Social de Catadores de Lixo criado pelo Decreto de 11 de setembro de 2003, dispõe sobre sua organização e funcionamento, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 23 dez. 2010. Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7405.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7405.htm) >. Acesso em: 10 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 7.217**, de 21 de junho de 2010c. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 22 junho. 2010. Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm) >. Acesso em: 15 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério Meio do Ambiente. **Plano nacional de resíduos sólidos** – Brasília, ago. 2012. Disponível em: < [http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS\\_Revisao\\_Decreto\\_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657](http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657) >. Acesso em 24 set. 2015.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 12.690**, de 17 de julho de 2012a. Dispõe sobre a organização e o funcionamento das Cooperativas de Trabalho; institui o Programa Nacional de Fomento às Cooperativas de Trabalho - PRONACOOOP; e revoga o parágrafo único do art. 442 da Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei n o 5.452, de 1 o de maio de 1943. Diário Oficial da União, Brasília, 20 jul. 2012. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/L12690.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12690.htm) >. Acesso em: 10 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2015**. Brasília, 2017. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2015> >. Acesso em: 09 jul. 2017.

BRINGHENTI, Jacqueline. **Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos**: aspectos operacionais e da participação da população. 2004. 235f. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental)-Universidades de São Paulo, São Paulo, 2004.

BRINGHENTI, J. R.; ZANDONADE, E. ; GÜNTHER, W. M. R. **Selection and validation of indicators for programs selective collection evaluation with social inclusion**. Elsevier B.V. Resources, Conservation and Recycling. Disponível em < [www.elsevier.com/locate/resconrec](http://www.elsevier.com/locate/resconrec) >. Acesso em: 15 mai. 2016.

CABRAL, Rafaela de Almeida; CAMPOS, Eneida Maria Goddi. **Análise comparativa dos indicadores de referência dos serviços de limpeza urbana no município de São João Del Rei, nos anos de 2007 e 2008**. Belo Horizonte: CEDEPLAR/UFMG, 2010. Disponível em: <[http://www.cedeplar.ufmg.br/seminarios/seminario\\_diamantina/2010/D10A106.pdf](http://www.cedeplar.ufmg.br/seminarios/seminario_diamantina/2010/D10A106.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2016.

CALDERONI, Sabetai. **Os bilhões perdidos no lixo**. São Paulo: Humanitas Editora/FELCH/USP, 2003.

CALIJURI, Maria do Carmo; CUNHA, Davi Gasparini Cunha (Coord.). **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

CAMARGO, Isadora Vilela de. **Indicadores de sustentabilidade no contexto da Política Nacional de Resíduos Sólidos: uma proposta para Bragança Paulista – SP**. 2014. 216f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

CAMPANI, Darci Bernech; WARTCHOW, Dieter; RAMOS, Guilherme Gastal de Castro. **Indicadores sócio-ambientais como instrumento de gestão na coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos**. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica. Vol. 6, nº 1, p. 110 – 121, 2013.

CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde (Org.). **Desenvolvimento sustentável e sistemas de indicadores de sustentabilidade: formas de aplicações em contextos geográficos diversos e contingências**. Campina Grande – PB: Ed. UFCG, 2010.

CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde; LIRA, Waleska Silveira (Org.). **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa**. Campina Grande: EDUEPB, 2013.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (CEMPRE). **Serviços, Mercado – preço do material reciclável**. Sítio Eletrônico, documento não paginado. Disponível em: < <http://cempre.org.br/servico/mercado> >. Acesso em: 10 mai. 2016.

\_\_\_\_\_. CICLOSOFT 2012. Sítio Eletrônico, documento não paginado. Disponível em: < <http://cempre.org.br/ciclossoft/id/3> >. Acesso em: 15 mai. 2017

\_\_\_\_\_. CICLOSOFT 2014. Sítio Eletrônico, documento não paginado. Disponível em: < <http://cempre.org.br/ciclossoft/id/2> >. Acesso em: 15 mai. 2017a.

\_\_\_\_\_. CICLOSOFT 2016. Sítio Eletrônico, documento não paginado. Disponível em: < <http://cempre.org.br/ciclossoft/id/8> >. Acesso em: 15 mai. 2017b.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (UNCED) - 1992. **Agenda 21**(em português). Ministério do Meio

Ambiente (MMA). Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/se/agen21/ag21global/>>. Acesso em: 15 mar. 2014

COSTA, Leonardo Estefanini Barreto; COSTA, Silvia Kimo.; REGO, Neylor. Alves Calazans; SILVA JUNIOR, Milton Ferreira. Gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos domiciliares e perfil socioeconômico no município de Salinas, Minas Gerais. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v.3, n.2, p.73-90, 2012

DAL PONT, Cristiane Bardini; VALVASSORI, Morgana Levati; GUADAGNIN, Mário Ricardo. **Resíduos sólidos urbanos de seis municípios de pequeno porte do sul de Santa Catarina**. Porto Alegre, RS: FIRS, 2013.

DEMAJOROVIC, Jacques. **Cadeia de reciclagem: um olhar para os catadores**. São Paulo: Editora Senac, 2013.

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo: Signus Editora, 2007.

DOMINGOS, Diego Campos; BOEIRA, Sérgio Luis. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos domiciliares: análise do atual cenário do município de Florianópolis. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS**, Vol. 4, N. 3, 2015.

FECHINI, Roberta; MORAES, Luiz Roberto Santos. **Indicadores de sustentabilidade como instrumento para avaliação de programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos e sua aplicação na cidade de Salvador – BA**. Bahia: Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologia Ambientais (GESTA), v.2, n.1, p. 87-104, 2014.

FECHINI, Roberta; MORAES, Luiz Roberto Santos. **Matriz de indicadores de sustentabilidade de coleta seletiva com utilização do método Delphi**. Revista Eletrônica de Engenharia Civil (REEC), v.10, n.1, p. 22-35, Goiás: 2015.

FIGUEIREDO, Fabio Fonseca. **Gestão dos resíduos sólidos no Brasil e seus rebatimentos em Natal, Brasil**. Mercator, v. 12, número especial (2). Fortaleza: 2013.

GREENE, Krista L.; TONJES, David J. **Quantitative assessments of municipal waste management systems: Using different indicators to compare and rank programs in New York State**. Waste Management, volume 34, issue 4, pages 825-836, 2014.

GUERRERO G. Elza; ERBITI C. Cecília. Indicadores de sustentabilidade para la gestión de los residuos sólidos domiciliarios. Municipio de Tandil, Argentina. Pontificia Universidad Católica de Chile. **Revista de Geografía Norte Grande**, núm. 32, p. 71-86, diciembre. Santiago: 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTADÍSTICA (IBGE). **Cidades@: Rio Grande do Norte: Parnamirim**. Documento eletrônico. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=240325&search=rio-grande-do-norte|parnamirim|infograficos:-historico>>. Acesso em: 14 out. 2015.

\_\_\_\_\_. **Sinopse por setores**. Documento eletrônico. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>>. Acesso em: 09 jul. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Situação social das catadoras e dos catadores de material reciclável reutilizável - BRASIL**. IPEA, Brasília, 2013.

\_\_\_\_\_. **Situação social das catadoras e dos catadores de material reciclável reutilizável – Região Nordeste**. IPEA, Brasília, 2013a.

\_\_\_\_\_. **Organização coletiva de catadores de material reciclável no Brasil: dilemas e potencialidades sob a ótica da economia solidária**. Texto para discussão 2268. IPEA, Brasília, 2017.

\_\_\_\_\_. IPEADATA. Macroeconômico. Temas. Câmbio. **Taxa de câmbio comercial para compra: real (R\$) /dólar americano (US\$) - media**. Documento eletrônico. Disponível em: < <http://ipeadata.gov.br/Default.aspx> >. Acesso em: 12 jul.2017a.

JUCÁ, J. F. T. et al. **Relatório final sobre as principais rotas tecnológicas de destinação de resíduos sólidos urbanos no exterior e no Brasil**. BNDES/FADE, PE, 2013.

LIMA, Luiz Mario Queiroz. **Lixo: tratamento e biorremediação**. São Paulo: Hemus, 2004.

LOPES, Régia Lúcia; MORENO, Josivan Cardoso; SILVA, Flaviane de Oliveira; FREITAS, Francisco Rafael de Souza. **Quantificação e caracterização dos resíduos sólidos como indicadores de alternativas de gestão dos resíduos sólidos de Extremoz/RN**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Belo Horizonte, MG: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

LOZANO, Marisa Cubas. **Um olhar para gestão de resíduos sólidos urbanos a partir de indicadores de sustentabilidade**. 2012. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

MENDES, Carlos; SOUZA, Leonardo Silva de; KALID, Ricardo; ESQUERRE, Karla; KIPERSTOK, Asther. **Assessment of the uncertainty associated with the energy indicator**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15, p.3156 – 3164, 2011.

MILANEZ, B. **Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação**. 2002. 207f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

MILLER JR., G. Tyler. **Ciência ambiental**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Recursos hídricos e Ambiente Urbano. **Manual para implantação de compostagem de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos**. Brasília, 2010a.

\_\_\_\_\_. Secretaria Executiva (SECEX). Departamento de Gestão Estratégica (DGE). **PINIA 2012 Painel Nacional de Indicadores Ambientais: referencial teórico, composição e síntese dos indicadores da versão piloto**. Brasília, 2012.

\_\_\_\_\_. ICLEI – Brasil. **Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação**. Brasília, 2012a.

\_\_\_\_\_. Sistema nacional de informações sobre a gestão dos resíduos sólidos (SINIR). **Plano Nacional de resíduos sólidos**. Brasília, 2012b. Disponível em: < <http://www.sinir.gov.br/web/guest/plano-nacional-de-residuos-solidos> >. Acesso em: 29 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Plano simplificado de gestão integrada de resíduos sólidos– PGIRS**: Manual de orientação para município com população inferior a 20 mil habitantes. Brasília, 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). Agência Nacional de Vigilância sanitária. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços da saúde**. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

\_\_\_\_\_. **DATASUS** Tecnologia da informação a serviço do SUS. Tabnet. Informações de saúde. Documento Eletrônico. Disponível em: < <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?ibge/cnv/poptRN.def> >. Acesso em: 10 jan. 2017.

MONTEIRO, José Henrique...et al.; MANSUR, Gilson Leite (atualização e adaptação); SEGALA, Karin (coord.); BAEZA, Hermán (tradução). **Manual de gestión integrada de resíduos sólidos municipales em ciudades de América Latina y el Caribe**. Rio de Janeiro: IBAM, 2006.

MOTA, Suetônio. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DO NATAL (NATAL/RN). Companhia de Serviços Urbanos de Natal (URBANA). Elaboração da proposta de plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos do município de Natal/RN – PMGIRSNatal. **R2 – Diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no município de Natal**. Natal: Ecosan, 2011.

NÓBREGA, Claudia Coutinho. **Viabilidade econômica, com valoração ambiental e social de sistemas de coleta seletiva** – Estudo de caso: João Pessoa/PB. 2003. 177f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais)-Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

PARNAMIRIM-RN. **Lei complementar nº 1.120**, de 14 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o serviço de limpeza urbana do município de Parnamirim e dá outras providências. Câmara municipal de Parnamirim. Acesso em: 12 set. 2015.

\_\_\_\_\_. **Lei complementar nº 022**, de 27 de fevereiro de 2007. Dispõe sobre a reestruturação organizacional do Poder executivo do município de Parnamirim e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.parnamirim.rn.gov.br/pdf/legislacao/LeiReformaVersaoFinal.pdf> >. Acesso em 31 mai. 2017.

\_\_\_\_\_. **Lei complementar nº 022**, de 27 de fevereiro de 2007a. Anexo I – das Atribuições. Disponível em: < <http://www.parnamirim.rn.gov.br/pdf/legislacao/AnexoI.pdf> >. Acesso em 31 mai. 2017.

\_\_\_\_\_. **Plano de saneamento ambiental de Parnamirim** – Etapa II – Diagnóstico social e setorial. Start Pesquisa e Consultoria Técnica Ltda, 2009. Disponível em <<http://www.parnamirim.rn.gov.br/pdf/servicos/diagnostico.pdf>>. Acesso em 30 jul. 2013.

\_\_\_\_\_. **Lei Ordinária nº 053**, de 20 de julho de 2011. Dispõe sobre a política municipal de meio ambiente e dá outras providências. Diário Oficial do Município, Parnamirim, 12 ago. 2011. Disponível em: < <http://www.parnamirim.rn.gov.br/diarioOficial.jsp> > . Acesso em 30 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. Prefeitura Municipal de. Secretaria Municipal de Limpeza Urbana. Gutemberg Xavier de Paiva (secretário). Informação verbal. Acesso em 14 dez. 2015.

\_\_\_\_\_. **Lei Ordinária nº 1.702**, de 24 de fevereiro de 2015a. Dispõe sobre a coleta seletiva de lixo reciclável nas unidades escolares da rede municipal de ensino. Diário Oficial do Município, Parnamirim, 12 mar. 2015. Disponível em: < <http://www.parnamirim.rn.gov.br/diarioOficial.jsp> > . Acesso em 30 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. Portal da prefeitura de Parnamirim. **Cidade:** estatística e mapas. Portal eletrônico. Disponível em < <http://www.parnamirim.rn.gov.br/mapas.jsp>>. Acesso em 24 jan. 2016.

\_\_\_\_\_. Portal da prefeitura de Parnamirim. Portal da Transparência. **Glossário.** Documento Eletrônico. Disponível em :< <http://www.parnamirim.rn.gov.br/glossario.jsp>>. Acesso em: 03 jul. 2016a.

\_\_\_\_\_. Portal da prefeitura de Parnamirim. **Notícias.** Selim recolhe cerca de 50 toneladas de pneus inservíveis. Documento Eletrônico. Disponível em: < <http://www.parnamirim.rn.gov.br/newsItem.jsp?p=4880>>. Acesso em: 22 fev. 2016b.

\_\_\_\_\_. **Portaria nº 001/2016 – GS/SEMUR**, de 14 de julho de 2016 c. Dispões sobre instrução técnica de projeto de casa de lixo. Diário Oficial do Município, Parnamirim, 14 jul. 2016. Disponível em: < <http://www.parnamirim.rn.gov.br/diarioOficial.jsp> > . Acesso em 30 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. Prefeitura Municipal de. Secretaria Municipal de Limpeza Urbana. Gutemberg Xavier de Paiva (secretário). Informação verbal. Acesso em 14 dez. 2016d.

\_\_\_\_\_. Prefeitura Municipal de. Secretaria Municipal de Limpeza Urbana. Setor de operações. Sr. Júlio Felipe da Silva (operações). Documento Eletrônico não paginado. Acesso em 15 jan. 2017.

\_\_\_\_\_. Portal da prefeitura de Parnamirim. **Legislação municipal.** Disponível em: < <http://www.parnamirim.rn.gov.br/legislacao.jsp>>. Acesso em 24 jan. 2017a.

\_\_\_\_\_. Prefeitura Municipal de. Secretaria Municipal de Tributação. Bruno Magalhães. Informação verbal. Acesso em 15 fev. 2017b.

\_\_\_\_\_. Portal da prefeitura de Parnamirim. Portal da Transparência Documento Eletrônico. Disponível em :< <http://www.parnamirim.rn.gov.br/transparencia.jsp>>. Acesso em: 16 fev. 2017c.

\_\_\_\_\_. Prefeitura Municipal de. Secretaria Municipal de Assistência Social. Adriana Silva Damasceno (Coordenadora). Documento Eletrônico. Acesso em 16 mar. 2017d.

\_\_\_\_\_. Prefeitura Municipal de. Secretaria Municipal de Limpeza Urbana. Setor de operações. Sra. Rárika de Araújo Bastos (assessoria técnica). Documento Eletrônico. Acesso em 16 mai. 2017e.

\_\_\_\_\_. Portal da Prefeitura de Parnamirim. **Secretaria Municipal de Limpeza Urbana - SELIM** Documento Eletrônico. Disponível em: < <http://www.parnamirim.rn.gov.br/selim.jsp>>. Acesso em: 29 mai. 2017f.

\_\_\_\_\_. Prefeitura Municipal de. Secretaria do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Urbano (SEMUR). Luiz Antônio Oliveira de Melo (coordenador de meio ambiente). Informação verbal. Acesso em 14 jun. 2017g.

PASQUALETTO, Antonio; ANDRADE, Heber da Fonseca; PRADO, Marcelo Lemos; PINA, Giuliano Pompeu Rios da. **Caracterização física dos resíduos sólidos domésticos do município de Caldas Novas – GO**. Goiânia-GO: Universidade Católica de Goiás, 2004.

PINHEL, Julio Ruffin (org). **Do lixo a cidadania**: guia para formação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis. São Paulo: Peirópolis, 2013.

POLAZ, Carla Natacha Marcolino. **Indicadores de sustentabilidade para gestão de resíduos urbanos**. 2008. 188f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

PRICEWATERHOUSECOOPERS INTERNATIONAL LIMITED (PWC). **Gestão da limpeza urbana**: um investimento para o futuro das cidades. Documento eletrônico, 2010. Disponível em: < [http://www.ablp.org.br/pdf/Guia\\_PNRS\\_11\\_alterado.pdf](http://www.ablp.org.br/pdf/Guia_PNRS_11_alterado.pdf) >. Acesso em 16 jul. 2017.

PRICEWATERHOUSECOOPERS INTERNATIONAL LIMITED (PWC). **Três anos após a regulação da política nacional de resíduos sólidos (PNRS)**: seus gargalos e superações. Documento eletrônico, 2014. Disponível em: < [http://www.ablp.org.br/pdf/Guia\\_PNRS\\_11\\_alterado.pdf](http://www.ablp.org.br/pdf/Guia_PNRS_11_alterado.pdf) >. Acesso em 16 jul. 2017.

RAMOS, Rafaela Rodrigues. **Gestão de resíduos sólidos urbanos: indicadores de sustentabilidade aplicados a programas de gestão e associações de catadores e materiais recicláveis**. Geografia (Londrina), v. 22 n.3 p.27- 45, set/dez. 2013.

REZENDE, Jozrael Henriques. et al. **Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jauá (SP)**. Eng. Sanit. Ambient.; v.18, n.1; jan-mar; p. 1-8. 2013.

RIBEIRO, Daniel Vêras; MORELLI, Márcio Raymundo. **Resíduos sólidos: problema ou oportunidade?** Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

RIO GRANDE DO NORTE (RN). Diagnóstico de resíduos sólidos do município de Parnamirim. In\_\_ **Plano diretor de resíduos sólidos do polo costa das dunas**: diagnóstico de resíduos sólidos. Natal: PRODETUR, ATP ENGENHARIA, 2006.

\_\_\_\_\_. **Lei Complementar nº 559**, de 28 de dezembro de 2015. Altera dispositivo da Lei Complementar nº 540, de 27 de julho de 2015, que dispõe sobre a Região Metropolitana de Natal, para incluir os Municípios de Arês e Goianinha. Diário Oficial do Estado nº 13.591, Rio Grande do Norte, 29 dez. 2015. Disponível em: < [http://www.diariooficial.rn.gov.br/dei/dorn3/docview.aspx?id\\_jor=00000001&data=20151229&id\\_doc=522025](http://www.diariooficial.rn.gov.br/dei/dorn3/docview.aspx?id_jor=00000001&data=20151229&id_doc=522025) >. Acesso em: 02 jun. 2017.

SANTAELLA, Sandra Tédde; BRITO, Ana Emília Ramos de Matos; COSTA, Francisco de Assis Pereira; CASTILHO, Natália Martinuzzi; DE MIO, Geisa Paganini, FERRIERA FILHO, Edward; LEITÃO, Renato Carrhá; SALEK, Jaciara Mota. **Resíduos sólidos e a atual política ambiental brasileira**. Fortaleza: UFC/LABOMAR/NAVE, Coleção Habitat, v. 7, 2014.

SANTIAGO, Leila Santos; DIAS, Sandra Maria Furiam. **Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: Engenharia Sanitária e Ambiental, V.17, n. 2, Abr./Jun., 2012.

SANTOS, Maria Cecília Loshiavo; DIAS, Sylmara Lopes Francelino Gonçalves.(Org.). **Resíduos sólidos urbanos e seus impactos socioambientais**. São Paulo: IEE-USP, 2012.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE (SEMARH). **Plano estadual de gestão integrada de resíduos sólidos do Rio Grande do Norte – PEGIRS/RN**. Relatório Síntese. SEMARH, Natal, 2012.

SILVA FILHO, Carlos R. V. Os serviços de limpeza urbana e a PNRS. In: Arlindo Philippi JR (org.) **Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. Barueri, SP: Manole, 2012 (Coleção Ambiental).

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS (SINIR). **Tipos de resíduos**. Consulta de indicadores de resíduos sólidos urbanos. Indicadores. Pesquisa de indicadores. 2014, RN, Parnamirim. Documento Eletrônico. Disponível em: < <http://sinir.gov.br/web/guest/consulta-de-indicadores-de-residuos-solidos> >. Acesso em 23 abr. 2016.

SISINNO, Cristina Lucia Silveira (Org.). **Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2000.

STRAUCH, Manoel; ALBUQUERQUE, Paulo Peixoto (Org.). **Resíduos: como lidar com recursos naturais**. - São Leopoldo: Oikos, 2008.

TCHOBANOGLIOUS, George; THEISEN, Hilary; VIGIL, Samuel. **Gestión Integral de Residuos Sólidos**. Madrid: Ed. McGraw-Hill, 1994

VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa**. 2002. 235f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)-Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2002.

VILHENA, André (Coord.). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 3 ed. São Paulo: CEMPRE, 2010.

WALDMAN, Maurício. **Lixo: cenários e desafios; abordagens básicas para entender os resíduos sólidos**. São Paulo: Cortez, 2010.

WORLD BANK . Daniel Hoornweg ; PerinazBhada-Tata (Org.). **What a waste: a global review of waste management**. Urban Development & Local Government Unit e World Bank. Washington, DC – USA: 2012. Disponível em < [http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What\\_a\\_Waste2012\\_Final.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf) >. Acesso em: 22 jan. 2016.

ZANTA, V. M.; MARINHO, M. J. M. do R.; LANGE, L. C.; PESSIN, N. Resíduos Sólidos, Saúde e Meio Ambiente: Impactos associados aos lixiviados de aterro sanitário. In: CASTILHOS JUNIOR, Armando B. (Coord.). **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água**: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

## APÊNDICE A

		Análise gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares(RDO)				
do município de Parnamirim - RN						
Local:						
Tipo de caminhão:						
Quantidade (ton.) :						
Responsável:						
Qtd de ajudantes:						
Horário	__:__ / __:__	__:__ / __:__	__:__ / __:__	__:__ / __:__	__:__ / __:__	
Origem (bairros):						
Condições do Clima						
Data:	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	
Dia da semana:						
Material	Qtd.(Kg)	%	Qtd.(Kg)	%	Qtd.(Kg)	%
Papelão						
Papel branco						
Plástico rígido						
Plástico filme						
Pet						
Alumínio (lata)						
Aço (lata)						
Metal ferroso						
Metal não ferroso						
Vidro						
Coco						
Materia Orgânica						
Rejeito						
TOTAL						
Nota:	nº1		nº2		nº3	
Origem (bairros):						

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2016).

## ANEXO A – Recibo de submissão de artigo

Jairo Afonso Henkes Jairo.Henkes@unisul.br

Set 12 em 10:08 AM

Para

[Sr. Giobert Antonio Brito Lopes](#)

Sra. Régia Lúcia Lopes, Dra., e

Sr. Giobert Antonio Brito Lopes,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "A gestão dos resíduos sólidos urbanos do município de Parnamirim - RN" para Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito:

[http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/author/submission/5354](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/author/submission/5354)

Login: giobert\_antonio

Em caso de dúvidas, envie suas questões para este e-mail. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

Jairo Afonso Henkes  
Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

---

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental  
[http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental](http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental)

## Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

portaldeperiodicos.unisul.br

A Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental tem o propósito de estabelecer um vínculo entre a Academia e a sociedade, pela apresentação e produção de ...

**Jairo Afonso Henkes**

*Coordenador do CST em Gestão Ambiental | Editor da Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*

(48) 3279-1335

**Campus UnisulVirtual** | Avenida Pedra Branca, 25 | Cidade Universitária - Palhoça, SC | Cep: 88137-900