



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**SISTEMA DE CÁLCULO PARA A TAXA REFERENTE AOS SERVIÇOS DE  
COLETA, TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS:  
ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE MARIZÓPOLIS - PB**

**ALVAN ANTAS CORDEIRO**

**JOÃO PESSOA – PB**

**2014**

**ALVAN ANTAS CORDEIRO**

**SISTEMA DE CÁLCULO PARA A TAXA REFERENTE AOS SERVIÇOS DE COLETA,  
TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTUDO DE CASO  
DO MUNICÍPIO DE MARIZÓPOLIS - PB**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal da Paraíba como  
requisito parcial para obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde  
Júnior

**JOÃO PESSOA - PB**

**2014**

*Especialmente, aos meus pais,  
Luciene e Francisco, e aos meus irmãos,  
Aline, Aran e Adônis.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, Maria Luciene *in memorian*, por ter sempre me incentivado e acreditado em mim, quando eu mesmo não era capaz disso, por ter sido significado de segurança, conforto e amor.

Ao meu pai, Francisco, pois ele sempre colocou como prioridade o meu futuro e de meus irmãos.

Aos meus irmãos, Aline, Adônis e Aran por tudo aquilo que eles representam para mim.

A todos os meus amigos, principalmente a Guilherme, Rafaella, Weverton, Girleno, Gutemberg e César pelos bons momentos e também aqueles de certa dificuldade, mas que serviram para construir a pessoa que sou hoje.

Ao professor Gilson, pela enorme paciência e pelo apoio dedicados à minha orientação para que pudesse fazer esse Trabalho de Conclusão de Curso.

Ao professor Leonardo Vieira, por ter contribuído coma equipe de coleta de dados de campo, bem como por ter aceitado participar da banca de avaliação do TCC.

Ao professor José Reinolds, por ter aceitado participar da banca de avaliação do TCC.

A todos os docentes da Universidade Federal da Paraíba, por todos os ensinamentos e conhecimentos que me passado ao longo da graduação.

Muito obrigado a todos.

CORDEIRO, Alvan Antas. **Sistema de cálculo para a taxa referente aos serviços de coleta, tratamento e disposição final de resíduos sólidos: estudo de caso do município de Marizópolis - PB.** 2014. 46 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa, 2014.

## RESUMO

O presente trabalho propôs um sistema de cálculo de taxa referente aos serviços de limpeza urbana e tratamento e disposição final dos resíduos sólidos do município de Marizópolis - PB, através do levantamento de custos dos serviços de limpeza urbana, destinação e disposição final. O sistema de cálculo consiste na soma de todos os custos operacionais e de infraestrutura referentes ao acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos gerados pelo município, dividido pela população e pelo tempo do horizonte de projeto. Optou-se por aterro próprio, o que resultou em um elevado valor da referida taxa anual, que foi de R\$ 152,91 por domicílio. Para uma taxa menor, sugere-se a solução consorciada com outros municípios para a disposição dos resíduos sólidos.

**Palavras-chave:** Taxa, Custo, Gestão, Resíduos Sólidos

CORDEIRO, Alvan Antas. **Calculation system for the tax for the collection, treatment and final disposal of solid waste: case study of the municipality of Marizópolis - PB.** 2014. 46 p. End of Course Work (Civil Engineering Undergraduate) - Federal University of Paraiba - UFPB, João Pessoa, 2014.

### **ABSTRACT**

This study proposes a calculation system for the tax for solid waste management in the municipality of Marizópolis - PB through scaling costs of collection, treatment and disposal services for solid wastes. The system of calculation is the sum of all operating and infrastructure costs related to the storage, collection, transportation, treatment and environmentally sound solid waste disposal generated by the city, divided by the population and by the time the project horizon. An own landfill was considered, which led a high value of the calculated annual tax, which was R\$ 152.91 per household. As a suggestion for a lower tax values, the consortium solution could be considered.

Keywords: Rate, Cost, Management, Solid Waste

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

NBR - Norma Brasileira

PIB – Produto Interno Bruto

PMGIRS - Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

PSGIRS – Plano Simplificado de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

RDO – Resíduo Domiciliar

RPU – Resíduo Público

RS – Resíduos Sólidos

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

SINAPE - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SNVS - Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Média da massa coletada de RS <i>per capita</i> dos municípios, em relação à população urbana, segundo região geográfica.....	17
Figura 2 - Massa coletada (RDO+RPU) <i>per capita</i> dos municípios participantes do SNIS 2010 a 2012, em relação à população urbana do SNIS/IBGE, segundo faixa populacional. ....	18
Figura 3 - Taxas de cobertura do serviço regular de coleta de resíduos domiciliares em relação à população urbana, segundo regiões geográficas.....	19
Figura 4 - Taxas de cobertura do serviço regular de coleta de resíduos domiciliares em relação à população urbana, segundo faixas populacionais.....	20
Figura 5 - Composição da frota de coleta de RDO+RPU no Brasil, segundo tipo de veículo. ....	20
Figura 6 - Ocorrência de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares de qualquer modalidade no Brasil. ....	21
Figura 7 - Estimativa da massa efetiva e potencialmente recuperada de recicláveis secos no Brasil.....	22
Figura 8 - Percentuais da ocorrência do serviço de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares dos municípios participantes e populações correspondentes, segundo região geográfica. ....	23
Figura 9 - Porcentagem de RDO+RPU destinadas a lixões, aterros e unidades de triagem e compostagem dos municípios participantes do SNIS 2012. ....	24
Figura 10 - Destaque para Mesorregião do Sertão e do Município de Marizópolis - PB. ..	25
Figura 11 - Destaque da Microrregião de Sousa. ....	25
Figura 12 - Vista do centro de Marizópolis – PB.....	26
Figura 13 - Descarga do caminhão coletor dos resíduos sobre a lona no terreno do lixão do município de Marizópolis - PB. ....	28
Figura 14 - Triagem dos resíduos sólidos realizada no município de Marizópolis - PB. ....	28
Figura 15 - Resultado dos métodos de estimativa populacional para o município de Marizópolis - PB.....	36
Figura 16 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos do município de Marizópolis - PB.....	37
Figura 17 - Composição do RS segundo sua destinação final do município de Marizópolis - PB.....	37
Figura 18 - Lixeira plástica do tipo vai e vem (50 L). ....	39



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Massa coletada (RDO+RPU) <i>per capita</i> dos municípios participantes do SNIS 2012, em relação à população urbana, no Estado da Paraíba. ....	17
Tabela 2 - Classificação de municípios por faixas, segundo população total. ....	18
Tabela 3 - Massa <i>per capita</i> de resíduos sólidos coletada seletivamente pelos municípios participantes do SNIS 2012 segundo região geográfica. ....	22
Tabela 4 - Estudo censitário da população de Marizópolis - PB. ....	34
Tabela 5 - Estimativa populacional do município de Marizópolis - PB segundo o método aritmético. ....	34
Tabela 6 - Estimativa populacional do município de Marizópolis - PB segundo método geométrico. ....	35
Tabela 7 - Estimativa populacional do município de Marizópolis - PB segundo método dos mínimos quadrados. ....	35
Tabela 8 - Evolução da geração de RSU do município de Marizópolis - PB. ....	38
Tabela 9 - Custo do acondicionamento dos resíduos de transeuntes para o município de Marizópolis - PB. ....	39
Tabela 10 - Custo de equipamentos do sistema de coleta de RS no município de Marizópolis - PB. ....	40
Tabela 11 – Mão de obra necessária para o sistema de coleta de RS no município de Marizópolis - PB. ....	40
Tabela 12 - Custo anual do combustível do sistema de coleta de RS no município de Marizópolis - PB. ....	40
Tabela 13 - Custo de implementação do sistema de tratamento e disposição final do município de Marizópolis - PB ....	41
Tabela 14 – Mão de obra necessária para operação do sistema de tratamento e disposição final do município de Marizópolis - PB. ....	41
Tabela 15 - Custo total do plano de gestão de RSU do município de Marizópolis – PB considerado 50% dos custos de implantação como fundo não oneroso ....	42
Tabela 16 - Custo total do plano de gestão de RSU do município de Marizópolis – PB considerado 100% dos custos de implantação como fundo não oneroso ....	43

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
1.1	Aspectos Gerais .....	12
1.2	Política Nacional de resíduos sólidos .....	12
1.3	Objetivos.....	15
1.3.1	Objetivos Gerais.....	15
1.3.2	Objetivos específicos.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1	Definição de resíduos sólidos .....	15
2.2	Classificação dos resíduos sólidos.....	15
2.3	Geração de RS.....	16
2.4	Coleta e transporte .....	18
2.5	Tratamento .....	20
2.6	Disposição Final .....	23
3	METODOLOGIA .....	24
3.1	Aspectos Gerais do Município de Marizópolis - PB .....	24
3.2	Caracterização e quantificação dos resíduos sólidos .....	26
3.2.1	Caracterização dos RS.....	26
3.2.2	Materiais e equipamentos utilizados.....	27
3.2.3	Equipe .....	27
3.2.4	Procedimentos .....	27
3.2.5	Quantificação dos resíduos sólidos .....	28
3.3	Estudo Populacional .....	28
3.3.1	Método aritmético .....	29
3.3.2	Método geométrico.....	29
3.3.3	Método dos mínimos quadrados .....	30
3.3.4	Escolha da estimativa populacional .....	30

3.4	Evolução da geração de resíduos .....	30
3.5	Quantificação da malha viária e pontos de coleta de RS de transeuntes .....	31
3.6	Acondicionamento, coleta e transporte dos resíduos sólidos .....	31
3.7	Cálculo da taxa de RSU .....	33
4	RESULTADOS.....	34
4.1	Estudo Populacional .....	34
4.1.1	Método aritmético .....	34
4.1.2	Método geométrico.....	35
4.1.3	Método dos mínimos quadrados .....	35
4.1.4	Escolha da estimativa populacional .....	35
4.2	Caracterização e quantificação dos resíduos sólidos .....	36
4.2.1	Caracterização dos resíduos sólidos.....	36
4.2.2	Quantificação .....	38
4.3	Acondicionamento dos resíduos de transeuntes .....	38
4.4	Coleta e transporte dos resíduos.....	39
4.4.1	Coleta convencional .....	39
4.4.2	Coleta seletiva.....	40
4.5	Sistema de tratamento e disposição final .....	41
4.6	Sistema de cálculo para taxa de RSU .....	42
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 Aspectos Gerais**

O desenvolvimento científico e tecnológico resulta em melhorias na qualidade de vida humana, como por exemplo, a eficiência do combate a doenças, aumento da produção de alimentos e diversos bens de consumo que tem por finalidade a comodidade. No entanto, esse mesmo desenvolvimento estimula o consumo de produtos de natureza não biodegradável, assim como a perda de práticas sustentáveis, tais como a não geração ou reutilização de resíduos.

A mudança no tipo de consumo acarretada por estes avanços tecnológicos assim como o aumento do poder aquisitivo da população tem provocado o aumento da geração de resíduos, inclusive nas cidades de pequeno porte (com menos de 20.000 habitantes).

Práticas que antes prezavam pela não geração e reutilização, agora são trocadas por outras que tem como fim o descarte pós-uso. Como exemplo disso pode-se citar: mudança de fraldas de pano (reutilizáveis) por fraldas descartáveis; troca de sacolas de nylon por sacolas plásticas dadas nos pontos de comércio; as garrafas de leite feitas de vidro por embalagens feitas com papel, polietileno e alumínio.

As práticas de consumo ligadas às mudanças de costumes fazem da geração de resíduo algo inevitável e inerente a nossa sociedade, que ocorre diariamente, gerando danos ao meio ambiente e direto e indiretamente as pessoas.

## **1.2 Política Nacional de resíduos sólidos**

O Congresso Nacional sancionou a Lei nº 12.305 de 02 de Agosto de 2010. Esta lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluído os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis, assim como metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.

Essa lei traz a obrigatoriedade da elaboração e da implementação do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) por parte dos municípios. Nesse plano, destaca-se: a elaboração de programas e ações voltadas a não geração, à

redução, à reutilização e à reciclagem dos resíduos sólidos e a disposição dos rejeitos em local ambientalmente adequado.

A adoção de disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deverá ser implantada em até 4 (quatro) anos após a data de publicação da lei nº 12.305, ou seja, as cidades tinham até agosto de 2014 para acabarem com os lixões e passassem a depositar seus resíduos em aterros sanitários.

Com a futura implantação de um aterro sanitário e sabendo que o crescimento da geração de resíduos sólidos tem uma taxa superior ao crescimento da população, milhares de toneladas de resíduos sólidos seriam despejados em um futuro aterro sanitário, diminuindo sua vida útil. Com o objetivo de diminuir esse problema, a PNRS prevê o PMGIRS, que determina um conjunto de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento.

O Art. 51 do Decreto nº 7.404/10 determina que os municípios com população total inferior a vinte mil habitantes, apurada com base nos dados demográficos do censo mais recente do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), poderão adotar planos municipais simplificados de gestão integrada de resíduos sólidos.

No mesmo artigo tem-se:

§ 1º Os planos municipais simplificados de gestão integrada de resíduos sólidos referidos no caput deverão conter:

I - diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, com a indicação da origem, do volume e da massa, a caracterização dos resíduos e as formas de destinação e disposição final adotadas;

II - identificação das áreas favoráveis para disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, observado o plano diretor de que trata o § 1º do art. 182 da Constituição e o zoneamento ambiental, quando houver;

III - identificação da possibilidade de implantação de soluções consorciadas ou compartilhadas com outros Municípios, considerando a economia de escala, a proximidade dos locais estabelecidos e as formas de prevenção dos riscos ambientais;

IV - identificação dos resíduos sólidos e dos geradores sujeitos ao plano de gerenciamento ou ao sistema de logística reversa, conforme os arts. 20 e 33 da Lei nº 12.305, de 2010, observadas as disposições deste decreto e as normas editadas pelos órgãos do SISNAMA e do SNVS;

V - procedimentos operacionais e especificações mínimas a serem adotadas nos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, incluída a

disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, em consonância com o disposto na Lei nº 11.445, de 2007, e no Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010;

VI - regras para transporte e outras etapas do gerenciamento de resíduos sólidos de que trata o art. 20 da Lei nº 12.305, de 2010, observadas as normas editadas pelos órgãos do SISNAMA e do SNVS, bem como as demais disposições previstas na legislação federal e estadual;

VII - definição das responsabilidades quanto à sua implementação e operacionalização pelo Poder Público, incluídas as etapas do plano de gerenciamento de resíduos sólidos;

VIII - programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização, a coleta seletiva e a reciclagem de resíduos sólidos;

IX - programas e ações voltadas à participação de cooperativas e associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda, quando houver;

X - sistema de cálculo dos custos da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, bem como a forma de cobrança desses serviços, observado o disposto na Lei nº 11.445, de 2007;

XI - metas de coleta seletiva e reciclagem dos resíduos;

XII - descrição das formas e dos limites da participação do Poder Público local na coleta seletiva e na logística reversa, respeitado o disposto no art. 33 da Lei nº 12.305, de 2010, e de outras ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

XIII - identificação de áreas de disposição inadequada de resíduos e áreas contaminadas e respectivas medidas saneadoras; e

XIV - periodicidade de sua revisão.

§ 2º O disposto neste artigo não se aplica aos Municípios:

I - integrantes de áreas de especial interesse turístico;

II - inseridos na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional; ou

III - cujo território abranja, total ou parcialmente, unidades de conservação.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivos Gerais**

Propor um sistema de cálculo de taxa a ser cobrada pelo município à população de Marizópolis - PB pela prestação de serviços referentes à coleta, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Levantamento quantitativo dos resíduos sólidos coletados em Marizópolis - PB;
- Levantamento da composição gravimétrica dos resíduos sólidos de Marizópolis - PB;
- Levantamento dos custos de investimentos e operacionais do sistema de limpeza urbana para o município de Marizópolis.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Definição de resíduos sólidos**

Segundo a NBR 10.004/2004, resíduos sólidos urbanos são: “Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”. (p. 1)

### **2.2 Classificação dos resíduos sólidos**

Os resíduos sólidos urbanos são classificados segundo sua origem e sua periculosidade. Neste trabalho será considerada somente a classificação quanto a origem.

No art. 13 da Lei 12.305/2010 os resíduos classificados segundo sua origem são:

- a) resíduos domiciliares: originários de atividades domésticas em residências urbanas;

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

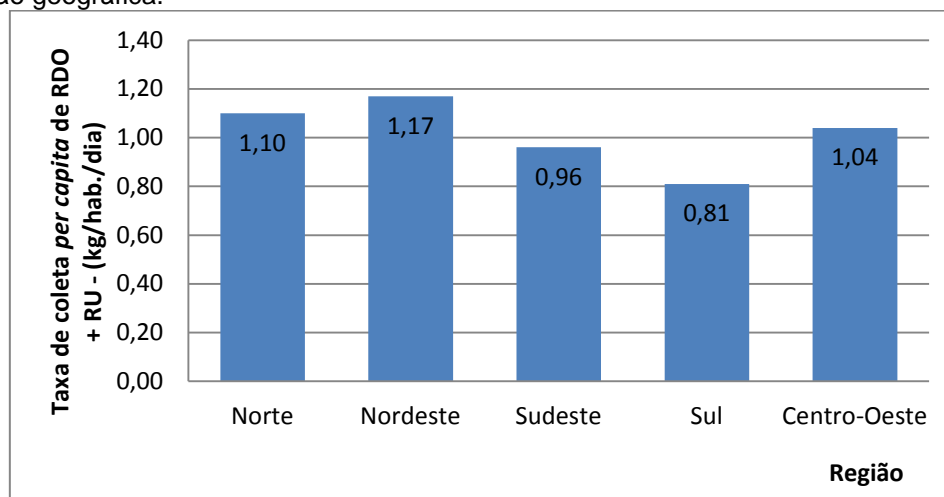
### **2.3 Geração de RS**

Depois da Segunda Grande Guerra, houve aumento contínuo do número de pessoas vivendo em cidades. A partir do ano 2000, 81% da população mundial moravam em cidades. Com isso ocorreu um aumento na geração de resíduos, visto que estes têm composição que oscila ao longo do tempo, ligada às condições econômicas e ao modo de vida das pessoas (RUTKOWSKI et al., 2008).

Segundo o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) publicado em 2014, a região Nordeste apresenta a maior taxa *per capita* de resíduos sólidos (Figura 1). Isso possivelmente se deve a índices relativamente mais baixos no que diz respeito ao tratamento/reciclagem dos resíduos em comparação as demais regiões.



Figura 1 - Média da massa coletada de RS *per capita* dos municípios, em relação à população urbana, segundo região geográfica.



Fonte: SNIS (2014)

O SNIS também trás dados de geração de resíduos relativos aos estados brasileiros, mostrando uma retração de 23% na geração *per capita* para o estado da Paraíba, Unidade da Federação que abriga o município em estudo (Tabela 1). Tal retração é acompanhada pelo aumento do número de municípios, a explicação pode está no fato de que os primeiros municípios (Ano de 2010) são de grande porte caracterizados por uma grande geração de resíduos, e posteriormente foram sendo contabilizados municípios menores em população e geração o que acarretou a diminuição da massa *per capita* coletada. Isso implica não necessariamente que essa retração significa uma real redução na geração de RS.

Tabela 1 - Massa coletada (RDO+RPU) *per capita* dos municípios participantes do SNIS 2012, em relação à população urbana, no Estado da Paraíba.

Ano	Quantidade de municípios	Indicador médio <i>per capita</i> em relação à população urbana (kg/hab./dia)
2010	24	1,12
2011	32	0,94
2012	112	0,86
<b>Varição 2010-2012</b>		<b>- 23%</b>

Fonte: Modificado de SNIS (2014)

O município de Marizópolis é de pequeno porte, classificado segundo o SNIS na faixa populacional 1 (Tabela 2). Os municípios de pequeno porte são caracterizados por uma taxa de geração *per capita* menor, normalmente associado ao seu baixo poder de consumo, quando comparados aos grandes municípios, isso pode ser observado na Figura 2, que contém também dados que mostram o crescimento dessa taxa ao passar do tempo.

Tabela 2 - Classificação de municípios por faixas, segundo população total.

Faixa populacional	Intervalo da faixa
1	Até 30 mil habitantes
2	De 30.001 a 100.000 habitantes
3	De 100.001 a 250.000 habitantes
2	De 250.001 a 1.000.000 de habitantes
5	De 1.000.001 a 3.000.000 de habitantes
6	Acima de 3.000.001 habitantes

Fonte: SNIS (2014)

Figura 2 - Massa coletada (RDO+RPU) *per capita* dos municípios participantes do SNIS 2010 a 2012, em relação à população urbana do SNIS/IBGE, segundo faixa populacional.



Fonte: SNIS (2014)

O SNIS indica valores máximos e mínimos para a massa coletada de RS *per capita* dos municípios, para o município de Marizópolis - PB esses valores podem está entre 0,10 e 2,55 kg/hab./dia em relação a população urbana (SNIS, 2014).

Pode-se notar que o crescimento da geração de resíduos é uma realidade, que envolve as diversas grandezas dos municípios, sendo que práticas como a não geração, a reciclagem e formas de tratamento podem atenuar significativamente esse quadro.

## 2.4 Coleta e transporte

A coleta compreende a remoção dos resíduos sólidos colocados à disposição do Poder Público, os quais devem ser encaminhados ao tratamento ou disposição final, evitando o desenvolvimento de vetores de doenças que encontram abrigo e alimento no lixo, além de outros transtornos como a obstrução de calçadas e ruas.

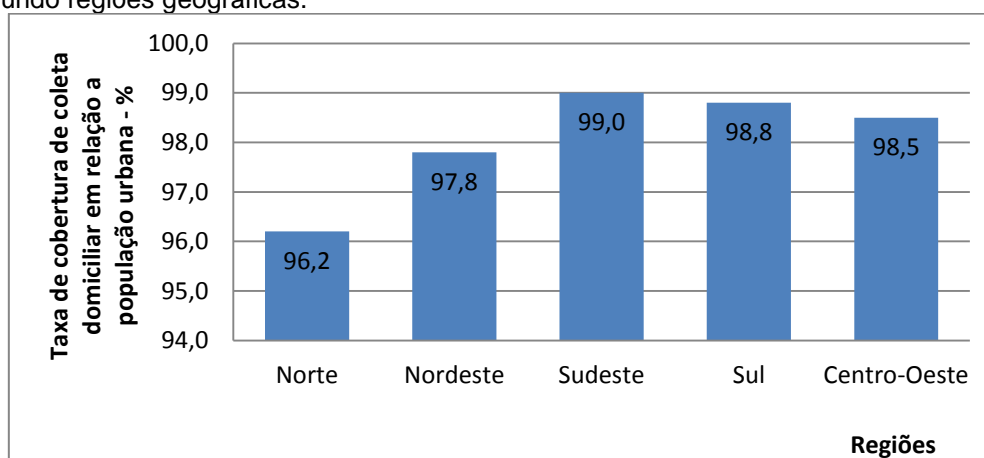
De acordo com a NBR 12.980/1993, tem-se os seguintes tipos de coleta:

- Coleta domiciliar: coleta dos resíduos domésticos, ou comerciais que tenham características semelhantes ao doméstico;

- Coleta de resíduos das feiras, praias ou calçadões: coleta dos resíduos com origem na limpeza e varrição de feiras, praias e calçadões;
- Coletas especiais: qualquer remoção de resíduo que, em função de suas características especiais, não são retiradas pela coleta domiciliar, tais como entulho e resíduos de poda;
- Coleta de resíduos do serviço de saúde: é realizada à parte por apresentar à saúde risco superior a coleta domiciliar;
- Coleta seletiva: aquela por meio da qual a população separa e acondiciona os materiais segundo suas características (papel, plástico, metal, alumínio, vidro) para posterior coleta pelo Poder Público ou outra entidade.

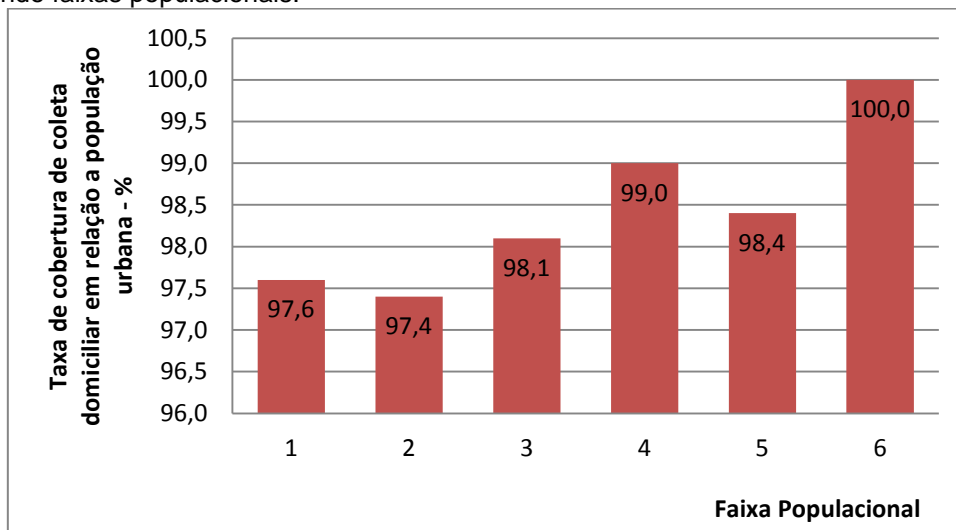
Na Figura 3, nota-se que a cobertura de coleta domiciliar em relação a população urbana é quase total, e que a região Nordeste apresenta o segundo pior desempenho, ficando atrás da região Norte. Já na Figura 4, os municípios de menor porte são aqueles que apresentam menor abrangência desse serviço, enquanto que os municípios na faixa 6 apresentam cobertura total.

Figura 3 - Taxas de cobertura do serviço regular de coleta de resíduos domiciliares em relação à população urbana, segundo regiões geográficas.



Fonte: SNIS (2014)

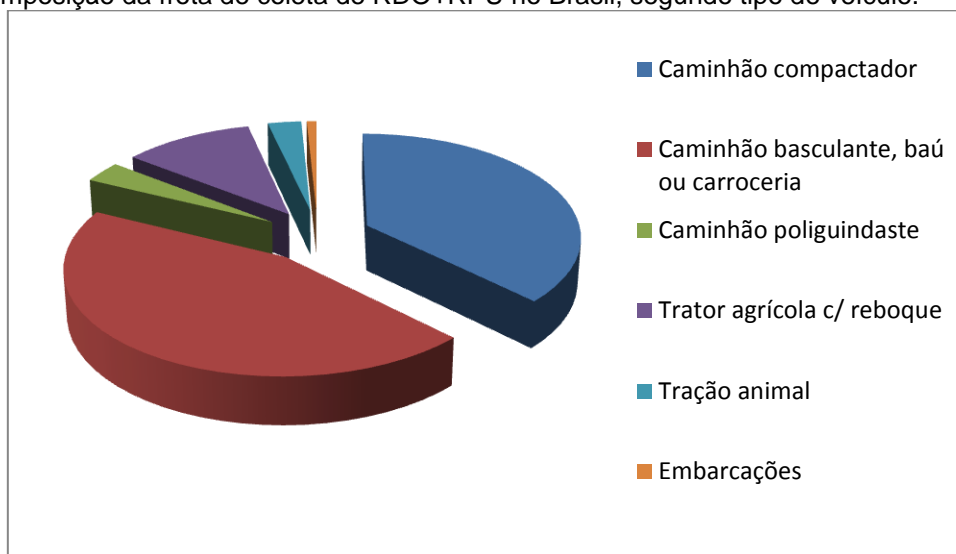
Figura 4 - Taxas de cobertura do serviço regular de coleta de resíduos domiciliares em relação à população urbana, segundo faixas populacionais.



Fonte: SNIS (2014)

O transporte dentro do sistema de coleta é a transferência dos resíduos do local de origem para o tratamento e/ou destino final. Para o transporte de resíduos em geral devem ser utilizados veículos que atendam às especificações exigidas por cada tipo de resíduo. Na Figura 5, encontra-se a composição da frota a nível nacional utilizada para transporte de resíduos.

Figura 5 - Composição da frota de coleta de RDO+RPU no Brasil, segundo tipo de veículo.



Fonte: SNIS (2014)

## 2.5 Tratamento

De acordo com Monteiro et al. (2001) em seu Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos define-se tratamento como sendo:

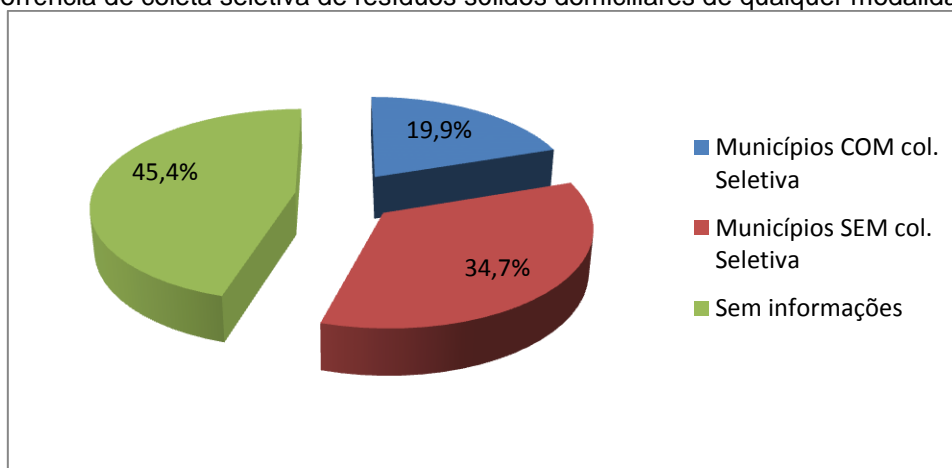
Uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo o descarte de lixo em ambiente ou local inadequado, seja transformando em material inerte ou biologicamente estável. (p. 119)

Pode-se citar a compostagem e a reciclagem como medidas de tratamento. Ainda segundo este autor, compostagem e reciclagem podem ser assim definidas:

- Compostagem: processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos (aqueles que possuem carbono em sua estrutura), de origem animal e vegetal, pela ação de microrganismos. Para que ela ocorra, não é necessária a adição de qualquer componente físico ou químico à massa do lixo. Tendo como produto final um material rico em húmus e nutrientes minerais que pode ser utilizado na agricultura.
- Reciclagem: separação dos resíduos sólidos tais como plásticos, papéis, metais e vidros com a finalidade de trazê-los de volta à indústria para serem beneficiados.

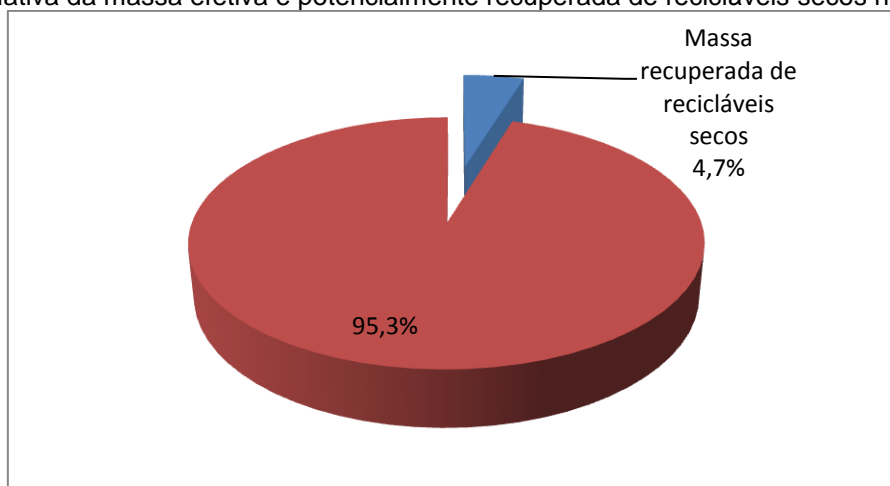
No Brasil boa parte dos municípios não possuem coleta seletiva (Figura 6), mostrando o potencial reciclador que é desperdiçado por falta de implementação de planos e iniciativas que contemplem a reciclagem, apenas 4,7 % da massa de materiais recicláveis é recuperada (Figura 7).

Figura 6 - Ocorrência de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares de qualquer modalidade no Brasil.



Fonte: SNIS (2014)

Figura 7 - Estimativa da massa efetiva e potencialmente recuperada de recicláveis secos no Brasil.



Fonte: Adaptado de SNIS (2014)

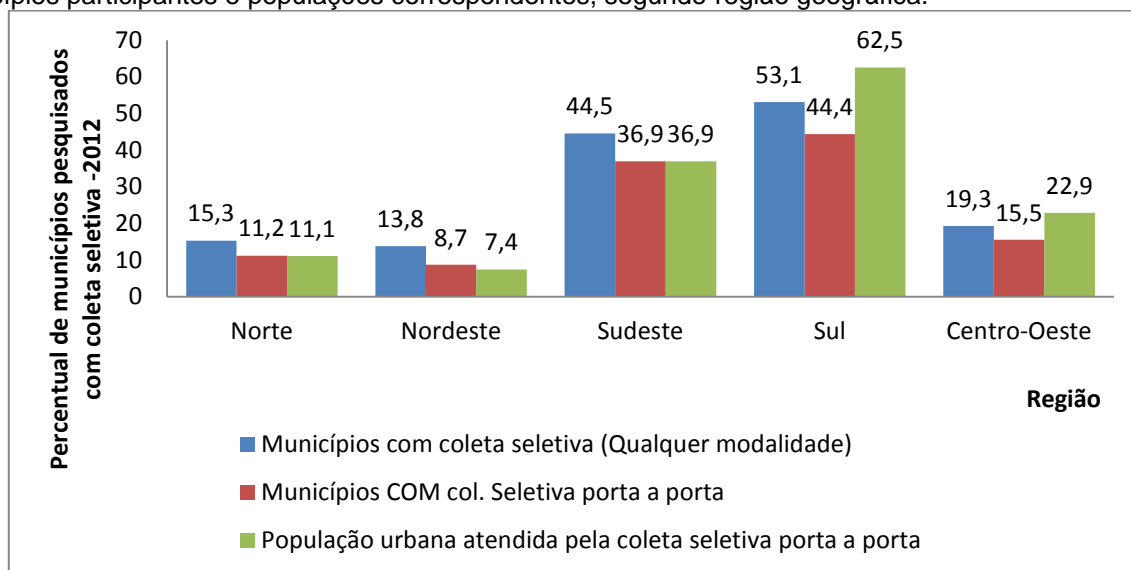
A região Nordeste possui a menor massa *per capita* de resíduos sólidos coletada seletivamente, apenas 1,8 kg/hab./ano (Tabela 3), valor que é irrisório se comparado ao 1,17 kg/hab./dia que é produzido pela mesma região. Além disso, os valores de massa reciclada assim como o número de municípios com coleta seletiva é bastante inferior às demais regiões, tornando patente o atraso do Nordeste nesse seguimento (Tabela 3 e Figura 8).

Tabela 3 - Massa *per capita* de resíduos sólidos coletada seletivamente pelos municípios participantes do SNIS 2012 segundo região geográfica.

<b>Região</b>	<b>Massa <i>per capita</i> coletada seletivamente (kg/hab./ano)</b>
Norte	3,8
Nordeste	1,8
Sudeste	9,9
Sul	27,7
Centro-Oeste	10,7

Fonte: Adaptado SNIS (2014)

Figura 8 - Percentuais da ocorrência do serviço de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares dos municípios participantes e populações correspondentes, segundo região geográfica.



Fonte: SNIS (2014)

## 2.6 Disposição Final

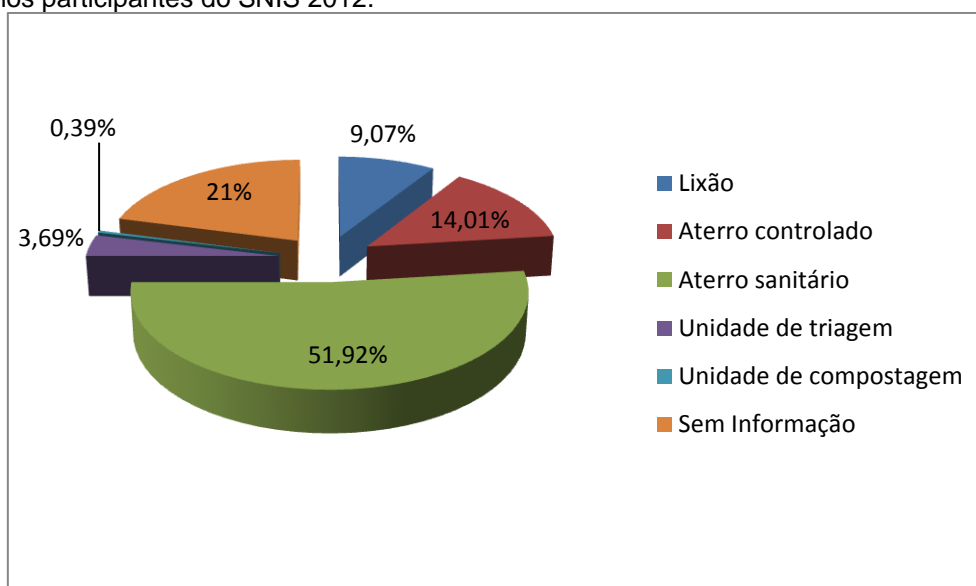
Existem algumas formas de disposição final de resíduos sólidos sendo praticadas no Brasil, embora a única sanitariamente adequada seja o aterro sanitário. A seguir, são conceituados, de acordo com Prandini et al. (1995), os três métodos de disposição praticados no Brasil:

- **Lixão:** Método inadequado de disposição final de resíduos sólidos, caracterizado pela simples descarga sobre o solo, sem as medidas de proteção necessárias à saúde humana e ao meio ambiente, ou seja, descarga a céu aberto.
- **Aterro Controlado:** Forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública, onde os impactos ambientais são atenuados. Utiliza-se de princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho. Esta forma de disposição produz poluição localizada, pois geralmente não dispõe de impermeabilização de base, nem sistemas de impermeabilização de chorume ou dispersão de gases.
- **Aterro Sanitário:** Método fundamentado em uma forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos sobre o solo através de confinamento em camadas cobertas com material inerte, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e a segurança, minimizando os impactos ambientais através de sistemas de impermeabilização de chorume e dispersão de gases.

A destinação correta dos resíduos sólidos urbanos ainda é um o grande problema no sistema de gestão desse material, visto que parte significativa da massa gerada é destinada aos lixões, que se trata de uma forma incorreta e bastante prejudicial de disposição. Como pode ser visto na Figura 9, 9,07% de toda massa é destinada a lixões, podendo ser ainda maior se considerar que os 21% sem informação de destino, que provavelmente é também direcionado a esse local.

Parte não satisfatória é destinada a aterros, que é a forma mais adequada entre os métodos de destinação final. Pode-se salientar também, o fato de que uma parte ínfima dos resíduos é direcionada às usinas de compostagem, sendo que boa parte dos RSU se tratam de material orgânica passível de tratamento.

Figura 9 - Porcentagem de RDO+RPU destinadas a lixões, aterros e unidades de triagem e compostagem dos municípios participantes do SNIS 2012.



Fonte: Adaptado SNIS (2014)

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Aspectos Gerais do Município de Marizópolis - PB

O município de Marizópolis está localizado na região Oeste da Paraíba, na mesorregião do Sertão, situada na microrregião de Sousa (Figuras 10 e 11). Limita-se ao Sul, com Nazarezinho; a Leste e a Norte, com Sousa e a Oeste com São João do Rio do Peixe. Ocupando uma área de 63,61 km<sup>2</sup>.

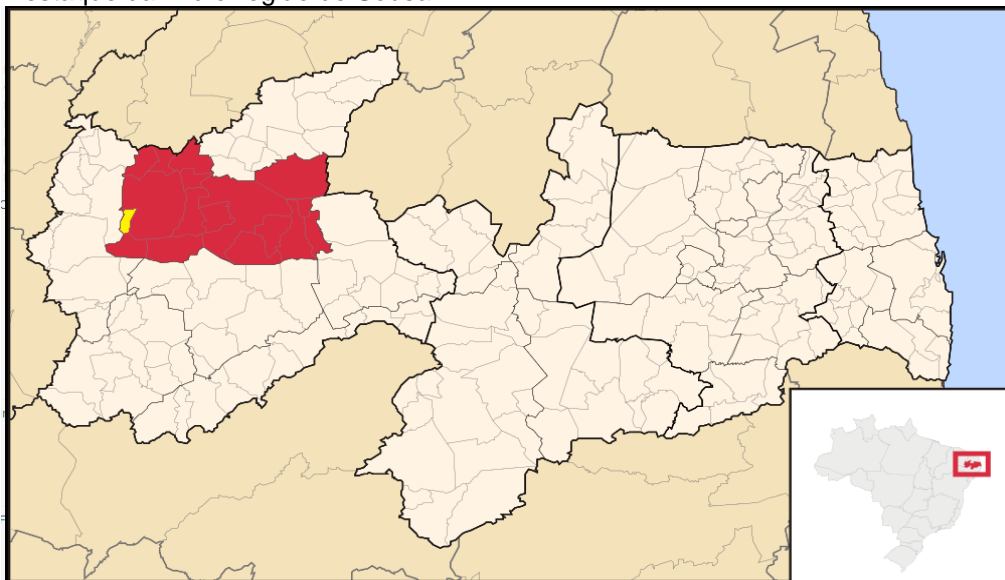


Figura 10 - Destaque para Mesorregião do Sertão e do Município de Marizópolis - PB.



Fonte: Adaptado de <http://www.algossobre.com.br/>

Figura 11 - Destaque da Microrregião de Sousa.



Fonte: Adaptado de [pt.wikipedia.org/](http://pt.wikipedia.org/)

Figura 12 - Vista do centro de Marizópolis – PB.



Fonte: [www.exatasnews.com.br](http://www.exatasnews.com.br)

Segundo dados do último censo do IBGE (2010), o município possui uma população de 6.173 habitantes, sendo que 5.357 vivem na zona urbana e 816 vivem na zona rural. Com densidade demográfica de 97,04 hab./km<sup>2</sup>. Marizópolis contém ainda 1.513 domicílios particulares e permanentes na zona urbana; desses, um total de 270 têm lixo acumulado nos logradouros, e 1.243 não possuem lixo acumulado nos logradouros.

Ainda segundo o censo 2010, o IDHM de Marizópolis foi em 0,608 considerado médio. O PIB municipal é de R\$ 26.798,00 e a renda *per capita*, R\$ 299,15. A agricultura constitui a principal atividade econômica da cidade, seguida pelo comércio.

## **3.2 Caracterização e quantificação dos resíduos sólidos**

### **3.2.1 Caracterização dos RS**

A caracterização dos resíduos sólidos foi feita nos dias 9 e 10 de junho de 2014. O estudo analisou amostras dos resíduos produzidos pela cidade com fins de determinação da quantidade de resíduos em massa e em percentual dos seguintes itens: matéria orgânica, plástico filme, vidro, PET, metais, papel, papelão, plástico rígido (exceto PET), terra, alumínio, trapos, vidro, borracha, couro, madeira, entre outros. Os resíduos coletados são de natureza domiciliar e comercial provenientes da coleta regular.

### **3.2.2 Materiais e equipamentos utilizados**

Os materiais utilizados durante o processo de caracterização foram:

- 1 balança digital com capacidade de 150 kg e precisão de 0,1 kg;
- 2 tambores de 30 litros;
- EPI's (Equipamentos de Proteção Individual);
- 1 lona plástica (5m x 3m).

### **3.2.3 Equipe**

A equipe foi formada por três pessoas para o serviço de triagem e uma para o serviço de pesagem e anotação.

### **3.2.4 Procedimentos**

Primeiro foi feita a identificação, pesagem e estabeleceu-se uma tara para os tambores.

Segundo foram seguidas as seguintes etapas:

- O caminhão coletor descarrega os resíduos sobre a lona no próprio terreno do lixão (Figura 13);
- A equipe de triagem separa os resíduos por categoria e os coloca nos tambores (Figura 14);
- Os resíduos de cada tambor são pesados, descontando a tara do mesmo.

Figura 13 - Descarga do caminhão coletor dos resíduos sobre a lona no terreno do lixão do município de Marizópolis - PB.



Figura 14 - Triagem dos resíduos sólidos realizada no município de Marizópolis - PB.



### **3.2.5 Quantificação dos resíduos sólidos**

A quantificação dos resíduos gerados por Marizópolis foi feita através da pesagem da carga de dois caminhões, o primeiro com 1310 kg e segundo com 436,4 kg. Tendo assim a média de 873,4 kg. Segundo o estudo de campo, há coleta de dois caminhões basculantes por dia (quatro viagens), totalizando, dessa forma, 3.493,6 kg por dia de resíduo. Ainda segundo o estudo de campo a coleta é feita de segunda a sexta-feira.

### **3.3 Estudo Populacional**

O estudo da evolução populacional visa estimar a população para o município para o horizonte de projeto. Alguns municípios já possuem estudos populacionais, no caso do município estudado será feita a análise da evolução da população residente de acordo com os dados censitários obtidos pelo IBGE para os anos de 1991, 2000 e 2010. Para tanto foram aplicados os métodos aritmético, geométrico e dos mínimos quadrados segundo Ghisi et. al. (2013), adotando a curva que mais se assemelha aos dados demográficos.

A taxa de crescimento populacional (%/ano) consiste na variação percentual da população em um determinado período. Para obter a taxa média de crescimento anual em determinado período utiliza-se a seguinte equação:

$$K = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{(t_2-t_1)}} - 1 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: K = taxa média de crescimento anual;

P2 = População do ano 2;

P1 = População do ano 1;

t2 = ano 2;

t1 = ano 1.

### 3.3.1 Método aritmético

Consiste em somar, à população atual, sempre o mesmo número de habitantes em iguais períodos do tempo. Graficamente, o crescimento é representado por uma linha reta, utilizando como base os dois últimos censos.

A expressão que traduz este método é a seguinte:

$$P = P_2 + \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} \cdot (t - t_2) \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: P= população futura do ano t

P2= população do último censo

P1= população do penúltimo censo

t2= ano do último censo

t1= ano do penúltimo censo

t= ano da população futura

### 3.3.2 Método geométrico

O modelo de crescimento é dado por uma progressão geométrica, sendo a curva representativa de evolução de população uma parábola.

Analiticamente, a fórmula que traduz este crescimento é dada pela seguinte expressão:

$$P_t = P_0 \cdot e^{K_g \cdot (t - t_1)} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde: P2 = População do ano 2;

P1 = População do ano 1;

t = ano em estudo;

t2 = ano 2;

t1 = ano 1.

### 3.3.3 Método dos mínimos quadrados

Este método resume-se ao cálculo da equação da reta dos mínimos quadrados para os valores obtidos em censos anteriores e a sua extrapolação para anos futuros. A estimativa da população (Pn) é dada pela seguinte expressão.

$$P_n = a \cdot t_n + b \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde: Pn = População no ano n;

tn = ano "n"

Os parâmetros a e b são obtidos pelas seguintes expressões:

$$a = \frac{\sum t_i \sum P_i - M \sum t_i P_i}{(\sum t_i)^2 - M \sum (t_i)^2} \quad b = \frac{\sum t_i \sum t_i P_i - \sum P_i \sum (t_i)^2}{(\sum t_i)^2 - M \sum (t_i)^2} \quad (\text{Eq. 6})$$

Sendo M o número de censos disponíveis e ti o ano em que se apurou a população Pi.

### 3.3.4 Escolha da estimativa populacional

Depois de obtidos os resultados pelos métodos descritos anteriormente, marcam-se, em um gráfico, todos os valores dos censos realizados e os valores das previsões encontradas para a população total de Marizópolis - PB. Com base na percepção visual, escolhe-se a curva que melhor se ajusta a curva dos censos demográficos.

## 3.4 Evolução da geração de resíduos

O planejamento do setor de resíduos sólidos do município exige que se estime a quantidade de resíduos sólidos gerado para o horizonte de plano de vinte anos. Essa estimativa é necessária para dimensionar a quantidade de equipamentos que deverá ser adquirida, a capacidade de processamento necessária para galpões de triagem e pátios de compostagem, e a vida útil de aterros sanitários.

Com base na evolução populacional, é estimada a evolução anual de geração de resíduos sólidos, através de:

- a) Geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos ( $\text{kg.hab.}^{-1} \text{d}^{-1}$ ): valor extraído da caracterização de RSU;
- b) População do município a cada ano ( $\text{hab./ano}$ ).

Multiplicando os valores anuais do item “a” com o valor do item “b”, estima-se o valor da geração diária de resíduos do município de Marizópolis - PB.

Com o objetivo de estimar a capacidade do futuro aterro sanitário, faz-se necessário primeiro calcular a quantidade de resíduos que serão reciclados e os que passarão pelo processo de compostagem.

### **3.5 Quantificação da malha viária e pontos de coleta de RS de transeuntes**

Para embasamento do cálculo dos custos referentes ao acondicionamento, à coleta e ao transporte foi levantando dados do comprimento das ruas e números de esquinas da cidade de Marizópolis.

A soma dos comprimentos das ruas, de 12084 m, servirá para dimensionamento do percurso realizado para que ocorra a coleta, quantidade de caminhões para transporte e assim como gastos com combustível. O número de esquinas totalizou 182 e tal valor será base para a instalação de lixeiras para a coleta de RS de transeuntes. Ambos os dados aqui apresentados foram extraídos tendo como fonte o Google Maps.

### **3.6 Acondicionamento, coleta e transporte dos resíduos sólidos**

O acondicionamento no que cabe a geração domiciliar será feita pela própria população, já no que tange os resíduos gerados por transeuntes, será responsabilidade da prefeitura disponibilizar lixeiras plásticas com capacidade de armazenamento de 50 L sendo postas uma em cada esquina.

Para o sistema de coleta e transporte, ou seja, para dimensionamento da frota necessária para transportar os resíduos assim como gastos com pessoal e combustível, foi mensurado primeiramente o volume de RS, já que a capacidade dos caminhões de transporte é geralmente medidas em  $\text{m}^3$ , foi levada em consideração a densidade do RSU entre 250 a  $300 \text{ kg/m}^3$  (PRANDINI et al., 1995), o valor adotado foi  $280 \text{ kg/m}^3$ . Assim o volume de resíduos semanal foi obtido de acordo com a Eq. 7.

$$V_{\text{semanal}} = M_{\text{semanal}} / \text{Densidade}_{\text{RSU}} \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde:

$V_{\text{semanal}}$  - volume produzido semanalmente em  $m^3$ ;

$M_{\text{semanal}}$  - massa produzida semanalmente em kg;

Densidade  $_{RSU}$  – densidade do RSU em  $kg/m^3$ .

Tendo como primeiro parâmetro a quantidade de viagens semanais necessárias, tal valor foi obtido através da divisão do volume de RSU semanal pela capacidade de carga do caminhão (Eq. 8), o caminhão para transporte é do tipo basculante com capacidade de  $6 m^3$ .

$$N_{\text{viagem}} = V_{\text{semanal}} / V_{\text{caminhão}} \quad (\text{Eq. 8})$$

Onde:

$N_{\text{viagem}}$  = número de viagens semanais;

$V_{\text{semanal}}$  = volume produzido semanalmente em  $m^3$ ;

$V_{\text{caminhão}}$  = capacidade do caminhão em  $m^3$ .

O segundo parâmetro foi o tempo necessário para a coleta de toda a cidade, primeiro foi obtido o tempo de carga dividindo-se a malha viária da cidade de Marizópolis PB (12.084 m) pela velocidade de carga (Eq. 9). A velocidade durante a coleta varia entre 4,5 e 6,5 km/h (PRANDINI et al., 1995), o valor adotado foi de 5 km/h. Além disso, foi adicionado ao tempo de carga o valor do tempo decorrido até o aterro (Eq. 10), a distância é de cerca de 1 km e a velocidade adotada foi de 30 km/h. O tempo de coleta resulta da união do tempo de coleta mais o tempo até o aterro (Eq. 11).

$$T_{\text{carga}} = MV / \text{Vel}_{\text{carga}} \quad (\text{Eq. 9})$$

Onde:

$T_{\text{carga}}$  = tempo de carga do caminhão em horas;

$MV$  = malha viária em km;

$\text{Vel}_{\text{carga}}$  = velocidade de carga em km/h.

$$T_{\text{aterro}} = d / \text{Vel}_{\text{aterro}} \quad (\text{Eq. 10})$$

Onde:

$T_{\text{aterro}}$  = tempo decorrido até o aterro em horas;

$d$  = distância até o aterro em km;

$\text{Vel}_{\text{aterro}}$  = velocidade desenvolvida durante o percurso em que foi atingida a capacidade do caminhão até o aterro em km/h.

$$T_{\text{coleta}} = T_{\text{carga}} + T_{\text{aterro}} \quad (\text{Eq. 11})$$



Onde:

$T_{\text{coleta}}$  = tempo de coleta em horas;

$T_{\text{carga}}$  = tempo de carga do caminhão em horas;

$T_{\text{aterro}}$  = tempo decorrido até o aterro em horas;

De posse dos resultados foi adotado o parâmetro que apresentou maior restrição quanto a sua aplicabilidade. A partir de então foi dimensionado a frota, tendo um caminhão adicional como reserva, e determinada à frequência da coleta.

O gasto com combustível foi calculado de acordo com o trajeto adotado, e a quantidade de km rodados com 1 litro de combustível (diesel - 2,39 R\$/L), foi de 5 km/L.

### 3.7 Cálculo da taxa de RSU

Os custos foram divididos em custos de implantação (infraestrutura e equipamentos) e custos de manutenção (mão de obra e combustível). Como forma de financiamento para custear a implantação do sistema de gestão de RSU foi tomado dois cenários, sendo eles:

- Cenário 1 - 50 % do valor em caráter de recurso não oneroso;
- Cenário 2 - 100 % do valor em caráter de recurso não oneroso.

Tal recurso pode ser obtido através da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA).

Foi feita a soma dos custos de implantação e manutenção resultando no custo para cada ano, para os 20 anos que se deseja atender, depois foi calculado o valor presente também para cada ano, através da depreciação calculada utilizando a Eq. 12, a taxa de juros utilizada foi 10% ao ano. O valor presente total ( $V_{pt}$ ) do investimento foi obtido somando os valores presentes referentes a cada ano do plano.

$$DP = V_p * (1 + i)^{-n} \quad (\text{Eq. 12})$$

Onde:

DP = depreciação anual (R\$);

$V_p$  = valor presente anual (R\$);

$i$  = taxa de juros ao ano (%);

$n$  = ano para o qual é calculada a taxa, variando de 0 a 19.

O valor da taxa anual por domicílio foi obtido através da Eq. 13, foi adotado o valor de quatro pessoas por domicílio.

$$\text{Taxa} = \left( \frac{V_{pt}}{Pop * 5} \right) \quad (\text{Eq. 13})$$

Onde:

Taxa = taxa anual por domicílio (R\$);

$V_{pt}$  = valor presente total (R\$);

Pop = população de início de plano (hab.).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Estudo Populacional

A tabela 4 apresenta a série histórica censitária do município de Marizópolis - PB.

Tabela 4 - Estudo censitário da população de Marizópolis - PB.

<b>Ano</b>	<b>População Total (hab.)</b>	<b>População Urbana (hab.)</b>	<b>População Urbana (%)</b>
1991	4695	4447	94,72
2000	5618	4866	86,61
2010	6173	5357	86,78

Fonte: IBGE (2014).

A seguir os resultados para cada método utilizado no estudo populacional, sendo o horizonte de projeto de 20 anos, compreendendo o período entre os de 2015 a 2034.

#### 4.1.1 Método aritmético

Foram calculados os valores com base no método e foram obtidos os seguintes valores que se encontram na Tabela 5:

Tabela 5 - Estimativa populacional do município de Marizópolis - PB segundo o método aritmético.

<b>Ano</b>	<b>População Total (hab.)</b>	<b>Ano</b>	<b>População Total (hab.)</b>
2011	6229	2023	6895
2012	6284	2024	6950
2013	6340	2025	7006
2014	6395	2026	7061
2015	6451	2027	7117
2016	6506	2028	7172
2017	6562	2029	7228
2018	6617	2030	7283
2019	6673	2031	7339
2020	6728	2032	7394
2021	6784	2033	7450
2022	6839	2034	7505

#### 4.1.2 Método geométrico

Na tabela 6 encontram-se os valores obtidos pela estimativa populacional baseada no método geométrico.

Tabela 6 - Estimativa populacional do município de Marizópolis - PB segundo método geométrico.

<b>Ano</b>	<b>População Total (hab.)</b>	<b>Ano</b>	<b>População Total (hab.)</b>
2011	6263	2023	7444
2012	6353	2024	7552
2013	6446	2025	7662
2014	6539	2026	7773
2015	6634	2027	7886
2016	6730	2028	8000
2017	6828	2029	8116
2018	6927	2030	8234
2019	7027	2031	8354
2020	7129	2032	8475
2021	7233	2033	8598
2022	7338	2034	8722

#### 4.1.3 Método dos mínimos quadrados

Na Tabela 7, têm-se os seguintes resultados de estimativa populacional pelo método dos mínimos quadrados.

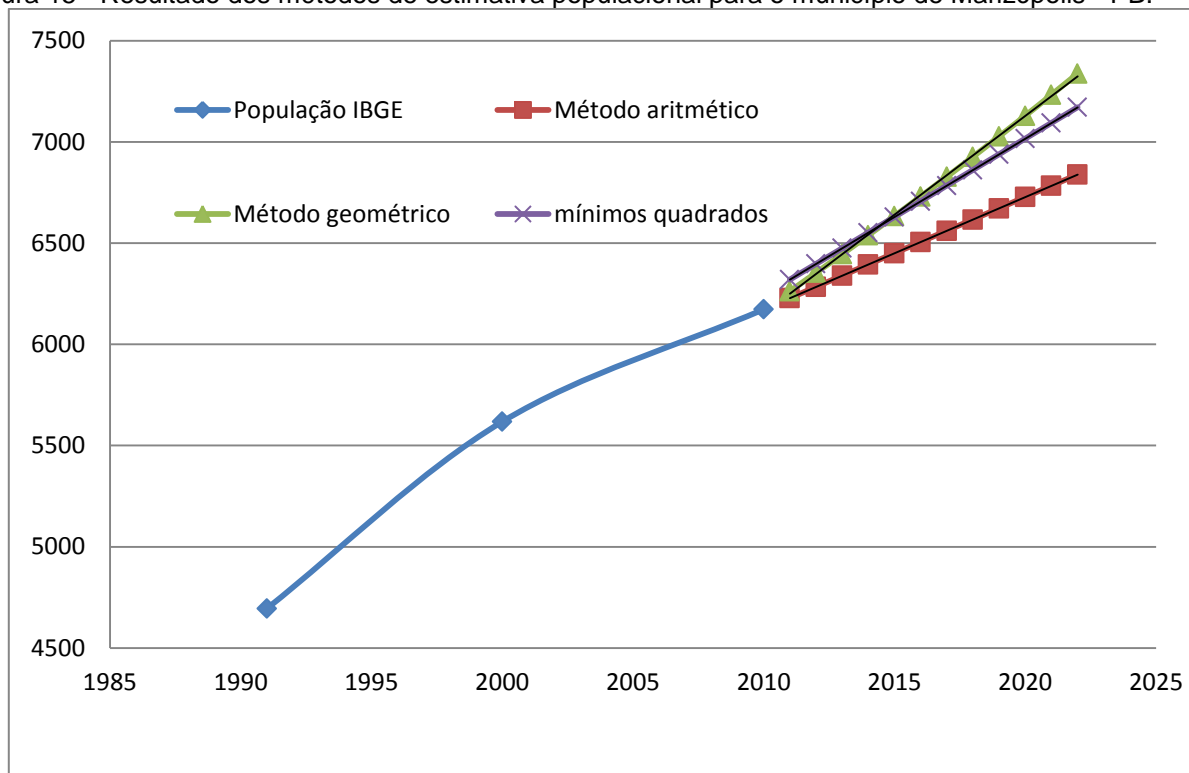
Tabela 7 - Estimativa populacional do município de Marizópolis - PB segundo método dos mínimos quadrados.

<b>Ano</b>	<b>População Total (hab.)</b>	<b>Ano</b>	<b>População Total (hab.)</b>
2011	6320	2023	7249
2012	6398	2024	7326
2013	6475	2025	7403
2014	6552	2026	7481
2015	6630	2027	7558
2016	6707	2028	7636
2017	6784	2029	7713
2018	6862	2030	7790
2019	6939	2031	7868
2020	7017	2032	7945
2021	7094	2033	8022
2022	7171	2034	8100

#### 4.1.4 Escolha da estimativa populacional

A Figura 15 representa o gráfico que reúne os resultados obtidos pelo estudo censitário e pelos métodos aritmético, geométrico e mínimos quadrados.

Figura 15 - Resultado dos métodos de estimativa populacional para o município de Marizópolis - PB.



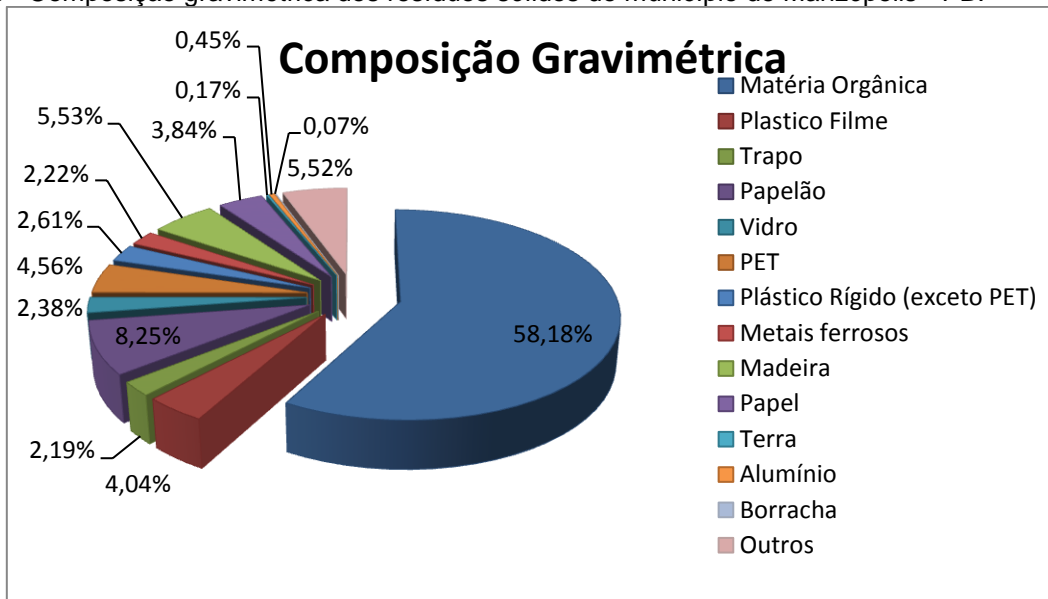
A curva que melhor se ajusta visualmente à curva dos censos demográficos para a o município de Marizópolis - PB é a curva obtida por valores do método aritmético. Então, para as projeções do plano de Marizópolis, serão adotados os valores da Tabela 5.

## 4.2 Caracterização e quantificação dos resíduos sólidos

### 4.2.1 Caracterização dos resíduos sólidos

Através das amostras, carga dos dois caminhões, obteve-se a composição gravimétrica dos resíduos da cidade (Figura 16).

Figura 16 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos do município de Marizópolis - PB.

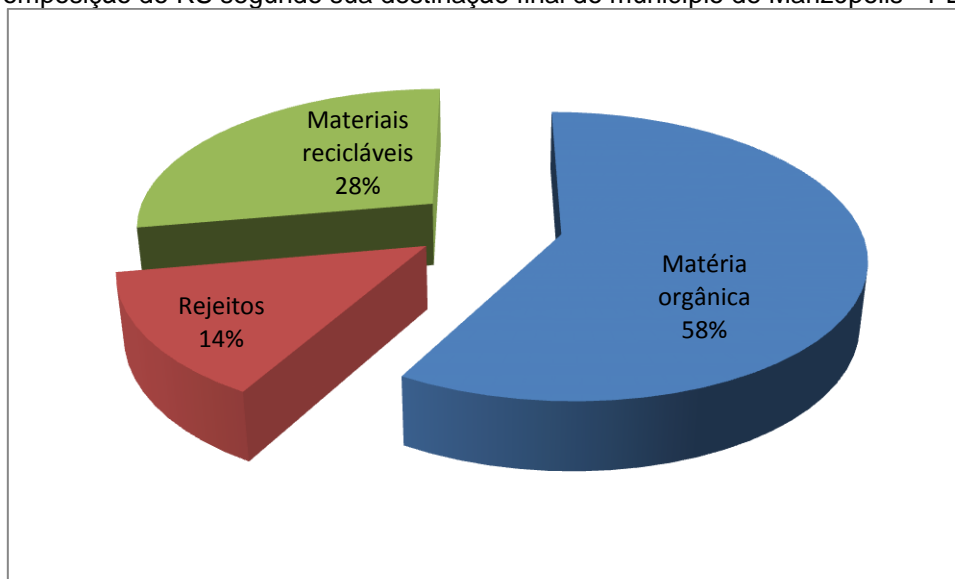


Fazendo a análise da composição gravimétrica constata-se que:

- 58,18% dos resíduos são compostos de matéria orgânica sujeita ao processo de compostagem;
- 14% é composto por rejeitos (trapo, terra, madeira, borracha e outros);
- E 27,82% trata-se de materiais recicláveis ( restante dos resíduos).

Assim com implantação de uma usina de compostagem e um sistema de coleta seletiva o montante de RS destinado ao aterro sanitário será apenas de 14% do total gerado pelo município.

Figura 17 - Composição do RS segundo sua destinação final do município de Marizópolis - PB.



## 4.2.2 Quantificação

Como já mencionado anteriormente o município gera 3.493,6 kg de RS por dia, como a coleta é feita de segunda a sexta (5 dias), teremos:

Geração semanal = 3493,6 (kg/dia) x 5(dias) = 17.468 kg

Geração anual = 910.831,4 kg

Portanto, a taxa *per capita* calculada com base no ano de 2014:

Taxa (kg. hab.<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) = 910.831,4 [kg/ano]/(365[dias]x6.395[hab.]) = 0,390

Tabela 8 - Evolução da geração de RSU do município de Marizópolis - PB.

Ano	População Total (hab.)	Geração de RS ((kg. hab. <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
2015	6451	2515,89
2016	6506	2537,34
2017	6562	2559,18
2018	6617	2580,63
2019	6673	2602,47
2020	6728	2623,92
2021	6784	2645,76
2022	6839	2667,21
2023	6895	2689,05
2024	6950	2710,5
2025	7006	2732,34
2026	7061	2753,79
2027	7117	2775,63
2028	7172	2797,08
2029	7228	2818,92
2030	7283	2840,37
2031	7339	2862,21
2032	7394	2883,66
2033	7450	2905,5
2034	7505	2926,9

## 4.3 Acondicionamento dos resíduos de transeuntes

Para o acondicionamento dos resíduos de transeuntes será posto uma lixeira plástica do tipo vai e vem com capacidade de armazenamento de 50 L em cada esquina totalizando 182 lixeiras. Na adoção dos custos foi levado em consideração os preços de dois vendedores Akilixeiras e Castro Naves, com valores R\$ 60,00 e R\$ 53,50 respectivamente. Desses, foi extraído a média como sendo o preço unitário em R\$ 56,95. A Tabela 9 indica o custo total do acondicionamento.

Figura 18 - Lixeira plástica do tipo vai e vem (50 L).



Fonte: <http://www.akilixeiras.com.br/>

Tabela 9 - Custo do acondicionamento dos resíduos de transeuntes para o município de Marizópolis - PB.

Item	Preço unitário (R\$)	Quantidade (un.)	Custo total (R\$)
Lixeira plástica do tipo vai e vem (50 L)	56,95	182	10.364,9
Instalação	10,00	182	1.820,00
<b>Total</b>			<b>12.184,90</b>

#### 4.4 Coleta e transporte dos resíduos

Como o PMGIRS contempla a implementação da coleta seletiva, tem-se que a coleta dos resíduos do município de Marizópolis será subdividida em coleta seletiva e coleta convencional. A coleta de materiais hospitalares é devidamente feita por empresa contratada pela prefeitura municipal, segundo informado pelo Secretário de Meio Ambiente.

##### 4.4.1 Coleta convencional

O volume de RSU a ser transportado semanalmente é de 62,4 m<sup>3</sup>, como foi adotado caminhão com 6 m<sup>3</sup>, a quantidade de viagens necessárias para transportar a geração semanal foi mensurada em 10. Quanto ao tempo de coleta, determinado pela soma do tempo de carga (2,42 horas) e do tempo até o aterro (0,03 horas), foi de 2,45 horas.

Como o tempo de coleta apresenta-se bastante satisfatório podendo ser realizado com facilidade, tem-se que a quantidade de viagens será o parâmetro adotado, pois este é o que se apresenta mais restritivo.

Assim, tem-se que a coleta será realizada diariamente (segunda à sexta-feira) atendendo a toda a cidade. Metade da coleta será realizada durante o turno da manhã e a outra metade durante o período vespertino. A frota será composta por um caminhão em serviço e um de reserva, sendo que um caminhão já é de posse da prefeitura, a equipe será composta por motorista e três garis. O gasto com combustível calculado de acordo com o trajeto, no caso 16.084,00 m percorridos diariamente, e a quantidade de 5 km rodados com 1 litro de diesel combustível.

Tabela 10 - Custo de equipamentos do sistema de coleta de RS no município de Marizópolis - PB.

<b>Ano de aquisição</b>	<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço Unitário (R\$)</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>
2015	Caminhão basculante 6,0 m <sup>3</sup> Potência 208 cv PBT = 14100 kg Carga útil máx. c/equip = 9326 kg	1	232.717,32	232.717,32
2024	Caminhão basculante 6,0 m <sup>3</sup> Potência 208 cv PBT = 14100 kg Carga útil máx. c/equip = 9326 kg	1	232.717,32	232.717,32

Fonte: SINAPE (Agosto de 2014).

Tabela 11 – Mão de obra necessária para o sistema de coleta de RS no município de Marizópolis - PB.

<b>Função</b>	<b>Número</b>	<b>Remuneração Mensalista (R\$)</b>	<b>Encargos Sociais (%)</b>	<b>Custo Anual (R\$)</b>
Motorista	01	1086,00	72,25	22.447,56
Ajudante	03	724,00	72,25	44.895,60
<b>Total</b>				<b>67.343,16</b>

Fonte: SINAPE (Agosto de 2014).

Tabela 12 - Custo anual do combustível do sistema de coleta de RS no município de Marizópolis - PB.

<b>Km/ano</b>	<b>Km/L</b>	<b>L/ano</b>	<b>Litro do diesel (R\$)</b>	<b>Custo do combustível (R\$/ano)</b>
3.860,16	5,00	772,03	2,39	<b>1.845,16</b>

#### 4.4.2 Coleta seletiva

Aqui a população deverá realizar a separação dos materiais recicláveis dos demais RS, para mais conforto os materiais recicláveis poderão ser acondicionados todos juntos, para posterior triagem por terceiros.

A coleta será feita semanalmente por associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis pelo sistema de coleta porta-a-porta ou através da entrega na própria central de triagem (galpão de triagem). Tal sistema não acarretará custos ao



município, já que os materiais serão acondicionados a custo dos próprios moradores e a mão de obra estará a cargo da associação de catadores, assim como o transporte.

#### 4.5 Sistema de tratamento e disposição final

O sistema de tratamento e disposição final será composto por pátio de compostagem, galpão de triagem e aterro sanitário. O custo total desse sistema foi estimado segundo adaptação de sistema semelhante pertencente ao município de Vieirópolis - PB, este atende padrões de geração e população próximos ao município de Marizópolis - PB.

Tabela 13 - Custo de implementação do sistema de tratamento e disposição final do município de Marizópolis - PB

Descrição	Valor (R\$)
Serviços preliminares	68.708,79
Construção das células e terraplenagem	500.908,86
Drenagem de águas pluviais e percolado	202.001,30
Tratamento do lixiviado (drenagem, lagoa anaeróbia e armazenamento)	154.910,30
Drenagem dos gases	24.443,93
Abrigo para máquinas, galpão de triagem, bloco de apoio e guarita.	263.334,14
Equipamentos	1.544.972,62
<b>Total</b>	<b>2.759.279,94</b>

Fonte: Adaptado do orçamento de aterro sanitário de Vieirópolis - PB (MORAIS JÚNIOR et al., 2014).

Os equipamentos da tabela anterior serão descritos a seguir: trator de esteiras (Caterpillar); carregadeira sobre rodas; caminhão caçamba basculante (6 m<sup>3</sup>); prensa enfardadeira vertical com capacidade de 20 t; balança elétrica tipo plataforma com capacidade de 1 t; carrinhos plataforma com 02 eixos e capacidade de 300 kg; triturador de galhos de até 10 cm de diâmetro.

Tabela 14 – Mão de obra necessária para operação do sistema de tratamento e disposição final do município de Marizópolis - PB

Função	Número	Remuneração mensal (R\$)	Encargos sociais (%)	Custo anual (R\$)
Supervisor	01	6.154,00	72,25	127.203,18
Tratorista	01	1.448,00	72,25	29.930,16
Motorista de pá carregadeira	01	2.172,00	72,25	44.895,24
Motorista de caminhão basculante	02	1.086,00	72,25	44.895,24
Auxiliar geral	03	724,00	72,25	44.895,24
<b>Total</b>				<b>291.819,06</b>

#### 4.6 Sistema de cálculo para taxa de RSU

O valor total do investimento do plano de gestão de RSU considerado o cenário 1 foi orçado em R\$ 4.932.243,78 (quatro milhões novecentos e trinta e dois mil duzentos e quarenta e três reais e setenta e oito centavos) de acordo com a Tabela 15.

Tabela 15 - Custo total do plano de gestão de RSU do município de Marizópolis – PB considerado 50% dos custos de implantação como fundo não oneroso

<b>Ano</b>	<b>Custos de Implantação (equipamentos e infraestrutura) (R\$)</b>	<b>Fundo não oneroso (R\$)</b>	<b>Custos Operacionais (mão de obra e combustível) (R\$)</b>	<b>Custo Anual (R\$)</b>	<b>Valor presente (R\$)</b>
<b>01</b>	3004182,16	1502091,08	361007,38	1863098,46	1863098,46
<b>02</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	328188,53
<b>03</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	298353,21
<b>04</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	271230,19
<b>05</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	246572,90
<b>06</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	224157,18
<b>07</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	203779,25
<b>08</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	185253,87
<b>09</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	168412,61
<b>10</b>	232717,32	116358,66	361007,38	477366,04	202449,80
<b>11</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	139183,97
<b>12</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	126530,88
<b>13</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	115028,08
<b>14</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	104570,98
<b>15</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	95064,53
<b>16</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	86422,30
<b>17</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	78565,72
<b>18</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	71423,39
<b>19</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	64930,35
<b>20</b>	0,00	0,00	361007,38	361007,38	59027,59
<b>Total</b>					<b>4932243,78</b>

Já na Tabela 16 foi calculado o custo total a ser investido no plano de gestão de RSU do município de Marizópolis com 100% dos custos de implantação financiados com fundo não oneroso.

Tabela 16 - Custo total do plano de gestão de RSU do município de Marizópolis – PB considerado 100% dos custos de implantação como fundo não oneroso

<b>Ano</b>	<b>Custos Implantação (equipamentos e infraestrutura)</b>	<b>Fundo não oneroso</b>	<b>Custos Operacionais (mão de obra e combustível)</b>	<b>Custo Anual</b>	<b>Valor presente</b>
1	3004182,16	3004182,16	361007,38	361007,38	361007,38
2	0,00	0,00	361007,38	361007,38	328188,53
3	0,00	0,00	361007,38	361007,38	298353,21
4	0,00	0,00	361007,38	361007,38	271230,19
5	0,00	0,00	361007,38	361007,38	246572,90
6	0,00	0,00	361007,38	361007,38	224157,18
7	0,00	0,00	361007,38	361007,38	203779,25
8	0,00	0,00	361007,38	361007,38	185253,87
9	0,00	0,00	361007,38	361007,38	168412,61
10	232717,32	232717,32	361007,38	361007,38	153102,37
11	0,00	0,00	361007,38	361007,38	139183,97
12	0,00	0,00	361007,38	361007,38	126530,88
13	0,00	0,00	361007,38	361007,38	115028,08
14	0,00	0,00	361007,38	361007,38	104570,98
15	0,00	0,00	361007,38	361007,38	95064,53
16	0,00	0,00	361007,38	361007,38	86422,30
17	0,00	0,00	361007,38	361007,38	78565,72
18	0,00	0,00	361007,38	361007,38	71423,39
19	0,00	0,00	361007,38	361007,38	64930,35
20	0,00	0,00	361007,38	361007,38	59027,59
<b>Total</b>					<b>3380805,27</b>

Tem-se que as taxas domiciliares anuais para o município de Marizópolis que foram calculadas de acordo com o cenário 1 e cenário 2 foram respectivamente de **R\$ 152,91** e **R\$124,04**, valores altos para uma cidade de pequeno porte, mesmo o valor que considerou fundo perdido de 100% .

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ambos os valores calculados para taxa domiciliar anual que será cobrada à população de Marizópolis - PB são bastante altos, ainda mais considerando que o município é de pequeno porte e com uma renda baixa. Quando comparado a outros que possuem um volume populacional e renda muito superiores aos seus, como é o caso de João Pessoa - PB, cuja taxa pertinente aos resíduos sólidos chega a ser um terço do valor que foi posto à este município. Portanto, a melhor opção é adoção de um sistema de tratamento e disposição final de forma consorciada com municípios vizinhos, como orienta o Decreto nº 7.404/10.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: *Resíduos sólidos- Classificação*. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12980: *Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos*. Rio de Janeiro, 1993.

BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de Dezembro de 2010. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 dez. 2010.

Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2010/decreto-7404-23-dezembro-2010-609830-publicacaooriginal-131134-pe.html>>. Acesso em 02 Set. 2014.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 ago. 2010, Seção 1, p. 3.

Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2010/lei-12305-2-agosto-2010-607598-publicacaooriginal-128609-pl.html>>. Acesso em 02 Set. 2014.

GHISI, C. L.; SANTOS, E. R.D.; RIZZO, H. G.; NETO, J. G. F.; PROENÇA, L. C. *Orientações para Elaboração de Plano Simplificado de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos-PSGIRS para municípios com população inferior a 20 mil habitantes*. Brasília, 2013.

LINS, C. M. M.; NÓBREGA, C. C.; LINS, E. A. M. *Resíduos Sólidos: Plano de gestão integrada de resíduos sólidos: Guia do profissional em treinamento Nível 2*. ReCESA, Salvador, 2008.

\_\_\_\_\_. *Resíduos Sólidos: Projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: Guia do profissional em treinamento Nível 2*. ReCESA, Salvador, 2008.

MONTEIRO, J. H. P. et al. *Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos*. IBAM, Rio de Janeiro, 2001.

MORAIS JÚNIOR. J.A.; ARAÚJO, B.A.; ATHAYDE JÚNIOR, G.B. *Projeto básico e executivo do aterro sanitário de Vieirópolis - PB*. 2014.

PRANDINI, F. L.; JARDIM, N. S.; MANO, V. G. T.; D'ALMEIDA, M. L. O.; WELLS, C. *Lixo municipal: Manual de gerenciamento integrado*. (IPT-CEMPRE) São Paulo, 1995.

RUTKOWSKI, E. W.; DEMANTOVA, G. C.; LIMA, J. C.F.; FAJERSZTAJN, G. L. R. P. *Resíduos sólidos: Processamento de RSU: Guia do profissional em treinamento Níveis 1 e 2*. ReCESA, Salvador, 2008.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. *Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2012*. Brasília, 2014.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL - SINAPE. *Preço de Insumos*.

Disponível em:

<[http://www1.caixa.gov.br/gov/gov\\_social/municipal/programa\\_des\\_urbano/SINAPI/index.asp](http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/SINAPI/index.asp)>. Acesso em 15 Set. 2014.

**Sites consultados:**

<http://www.akilixeiras.com.br/lixreira-plastica-tampa-vai-e-vem-50-litros-plasvale.html>

<http://www.castronaves.com.br/lixreira-plastica-branca-com-tampa-vai-vem-50-litros.html>

<http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=noticias-detalhe&id=2740#.VChrzWddX1Y>