



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL

**DYEGO ASSIS LOURENÇO**

**ANÁLISE LOGÍSTICA DA LOCALIZAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO  
DO CONSÓRCIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
DO MÉDIO PIRANHAS – PB**

POMBAL – PB  
2014

**DYEGO ASSIS LOURENÇO**

**ANÁLISE LOGÍSTICA DA LOCALIZAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO  
DO CONSÓRCIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
DO MÉDIO PIRANHAS – PB**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande como requisito para obtenção de diploma de Bacharel em Engenharia Ambiental.

**Orientador:**

Prof. Dr. Camilo A. S. de Farias.

À minha família, pelo apoio e incentivo durante a minha jornada, que sempre apoiaram todas as minhas escolhas.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por sempre me dar forças e iluminar meu caminho, não me deixando fraquejar nos momentos de dificuldade.

Aos meus pais, Lúcia de Fátima e Raimundo Lourenço, pelos ensinamentos, pelo carinho e pela dedicação, que me fizeram ser a pessoa que sou hoje.

À minha família, que sempre me apoiou e acreditou em mim.

À Tereza Helena, que esteve ao meu lado, me dando força e me aconselhando nos momentos difíceis.

Aos “supers amigos” e seus familiares, minha segunda família, que sempre fizeram eu me sentir em casa.

A todos os professores do CCTA, por me passarem seus conhecimentos e por me ajudarem a me tornar o profissional que sou hoje. Em especial aos professores Camilo Allyson, José Cleidimário, Ricardo Schmidt e Josilene Cavalcante, pois considero exemplos de profissionalismo.

Ao meu orientador Camilo Allyson, pelo apoio, pelos ensinamentos e pela paciência, sem os quais esse trabalho não seria possível. Muito Obrigado.

Aos professores José Cleidimário e Aline Costa, por aceitarem participar da banca examinadora.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para minha formação.

## RESUMO

Este trabalho teve como principal objetivo verificar se o município de Pombal – PB é a melhor opção para implantação do aterro sanitário do Consórcio de Desenvolvimento Sustentável do Médio Piranhas – PB (CODEMP) sob o ponto de vista dos custos de transporte dos resíduos sólidos. A metodologia consistiu em desenvolver um modelo de simulação para analisar os custos totais de transporte dos resíduos, considerando a implantação do aterro sanitário em cada um dos 20 municípios do CODEMP. Com base nos resultados obtidos, observou-se que a instalação do aterro sanitário no município de Pombal é a melhor alternativa para minimizar os gastos com os transportes de resíduos dos vários municípios, sendo o município de Jericó a segunda melhor opção. A alternativa mais onerosa para localização do aterro sanitário, sob o aspecto logístico, seria o município de Coremas. Além da minimização de custos de transportes, sabe-se que a localização ótima de um aterro sanitário deve ser baseada em outros aspectos, como critérios técnicos, sociais e ecológicos. Desta forma, espera-se que as informações obtidas neste estudo sirvam como suporte para decidir sobre a localização ótima do aterro sanitário do CODEMP.

**Palavras-chave:** gerenciamento de resíduos sólidos; custos de transporte; modelo simulação-otimização.

## **ABSTRACT**

This study aims at verifying whether the city of Pombal (Paraíba State, Brazil) is the best location option for the landfill of the Consortium for Sustainable Development of Médio Piranhas (CODEMP) from the point of view of transportation costs of solid wastes. The methodology consisted of developing a simulation model to analyze the transportation costs of solid wastes by considering the location of the landfill in each of the 20 cities of CODEMP. Based on the results, it was observed that locating the landfill facility in Pombal City is the best alternative to minimize costs for the transportation of wastes from the various cities. Jericó City was found to be the second best option. The most costly location alternative for the landfill, under a logistical point of view, would be the city of Coremas. Besides the minimization of transport costs, it is known that the optimal location of a landfill must be based on other aspects, such as technical, social and environmental criteria. Thus, it is expected that this study will be useful for supporting decisions on the optimal location of CODEMP's landfill.

**Key-words:** solid waste management; simulation-optimization model; transportation costs.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização dos municípios do CODEMP.....	27
Figura 2 - Rodovias que ligam os municípios do CODEMP.....	31
Figura 3 - Veículos adotados para o CODEMP.....	33
Figura 4 - Carrocerias de (a) 6 (Atron 1319), (b) 12 (Atron 2324) e (c) 24 m <sup>3</sup> (Atron 2729).....	33

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Estimativa da população dos municípios do CODEMP nos anos de 2014 e 2033. ....	46
Gráfico 2 - Estimativa do volume de resíduos sólidos gerados nos municípios do CODEMP nos anos de 2014 e 2033. ....	47
Gráfico 3 - Custos anuais considerando as alternativas de instalação do aterro sanitário em cada um dos municípios do CODEMP para os anos de 2014 e 2033. .	50
Gráfico 4 - Custo total para vida útil (20 anos) do CODEMP.....	51



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População dos municípios do CODEMP em 2010.....	27
Tabela 2 - Faixas mais utilizadas da geração <i>per capita</i> .....	30
Tabela 3 - Valores dos veículos e carrocerias.....	35
Tabela 4 - Valor adotado para o preço do combustível por litro.....	40
Tabela 5 - Rendimento do combustível (RM).....	41
Tabela 6 - Custos de pneus por quilômetro. ....	42
Tabela 7 - Distâncias em quilômetros entre os municípios do CODEMP.....	45
Tabela 8 - Custos diários por caminhão e tipo de trecho. ....	48
Tabela 9 - Número de viagens por dia dos municípios para cidade de Pombal – PB. .....	49
Tabela 10 - <i>Ranking</i> dos melhores municípios no aspecto econômico para implantação do aterro sanitário do CODEMP.....	52

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

CFT – Custo Fixo Total

CODEMP – Consórcio de Desenvolvimento Sustentável do Médio Piranhas

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CT – Custo Total

CV – Custo Variável

CVT – Custo Variável Total

DC – Despesas com Combustível

DECOPE – Departamento de Custos Operacionais

DER/PB – Departamento de Estradas de Rodagem do Estado da Paraíba

DETRAN/PB – Departamento Estadual de Trânsito da Paraíba

DM – Distâncias Mensal percorridas pelos veículos (não sei se entra na lista)

DPVAT – Seguros por Danos Pessoais causados por Veículos Automotores

FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas

IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCTF - Índice Nacional da Variação de Custos do Transporte Rodoviário de Cargas Fracionadas

IPVA – Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores

LB – Lubrificantes

LC – Licenciamento

LG – Lavagem e Graxas

NR-15 – Norma do Ministério do Trabalho e Emprego

NTC&LOGÍSTICA - Associação Nacional do Transporte de Cargas e Logística

PBT – Peso Bruto Total

PC – Preço do Combustível por litro

PM - Peças, acessórios e material de Manutenção

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PR – Pneus e Recauchutagens

PROCONVE – Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores

RC – Remuneração mensal Capital empatado

RCF – Seguro de Responsabilidade Civil Facultativo

RE – Reposição do Equipamento

RM – Rendimento do combustível

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

RV – Reposição do Veículo

SE - Seguro do Equipamento

SETCEPB – Sindicato das Empresas de Transporte de Cargas da Paraíba

SM – Salário do Motorista

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SO – Salário de Oficina

SV – Seguro do Veículo

TL - Taxa de Licenciamento

VE – Vida útil Econômica da carroceria

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
2 OBJETIVOS .....	16
2.1 Objetivo geral .....	16
2.2 Objetivos específicos .....	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
3.1 Resíduos sólidos .....	17
3.1.1 Conceitos .....	17
3.1.2 Classificação .....	18
3.1.3 Caracterização .....	20
3.2 Gerenciamento integrado de resíduos sólidos .....	20
3.2.1 Conceito .....	20
3.2.2 Acondicionamento, coleta e transporte de resíduos .....	21
3.3 Aterro sanitário .....	23
3.4 Custos de transporte .....	24
3.5 Simulação matemática .....	25
4 METODOLOGIA .....	27
4.1 Área de estudo .....	27
4.2 Modelo de Simulação .....	28
4.2.1 Estimativa da população dos municípios do CODEMP para a vida útil do aterro sanitário .....	29
4.2.2 Estimativa do volume de resíduos dos municípios .....	30
4.2.3 Levantamento das distâncias entre municípios e o tipo de trecho .....	30
4.2.4. Definição dos veículos e das carrocerias para transporte de resíduos de cada município .....	32
4.2.5. Definição dos custos fixos e variáveis de transporte .....	34
4.2.5.1 Custos fixos .....	35
4.2.5.1.1 Remuneração mensal do capital empatado (RC) .....	35
4.2.5.1.2 Salário do motorista (SM) .....	36
4.2.5.1.3 Salário de oficina (SO) .....	36
4.2.5.1.4 Reposição de veículo (RV) .....	37
4.2.5.1.5 Reposição do equipamento (RE) .....	37
4.2.5.1.6 Licenciamento (LC) .....	37

4.2.5.1.7 Seguro do veículo e da carroceria (SV/SC) .....	38
4.2.5.1.8 Lavagem e graxas (LG) .....	39
4.2.5.1.9 Custos fixos totais (CFT) .....	39
4.2.5.2 Custo variável (CV) .....	39
4.2.5.2.1 Peças, acessórios e material de manutenção (PM).....	39
4.2.5.2.2 Despesas com combustível (DC).....	40
4.2.5.2.3 Lubrificantes (LB).....	41
4.2.5.2.4 Pneus e recauchutagens (PR) .....	42
4.2.5.2.5 Custos variáveis totais (CVT).....	43
4.2.5.3 Custos totais (CT) .....	43
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5.1 Malha rodoviária.....	45
5.2 Estimativa do crescimento populacional dos municípios do CODEMP .....	46
5.3 Volume de resíduos sólidos dos municípios do CODEMP.....	47
5.4 Veículos e Número de Viagens.....	48
5.5 Custos anuais de transportes para instalação do aterro sanitário em cada um dos municípios do CODEMP .....	49
5.6 Custos totais de transportes para instalação do aterro sanitário em cada um dos municípios do CODEMP .....	51
6 CONCLUSÕES .....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
APÊNDICES.....	57

## 1 INTRODUÇÃO

Discussões envolvendo resíduos sólidos têm estado em alta nos últimos anos em todas as partes, tanto com relação à geração descontrolada, que vem se agravando consideravelmente nas últimas décadas, principalmente devido ao crescimento populacional e avanço do nível social e econômico da população, quanto com relação ao tratamento e destinação final destes. Estas são tarefas bastante complicadas, uma vez que os resíduos sólidos são de vários tipos e cada tipo tem sua peculiaridade, devendo ser tratado e disposto da maneira mais adequada, ou seja, aquela que acarreta o mínimo de impactos negativos ao ambiente.

No Brasil, um número significativo de municípios depositam seus resíduos a céu aberto, em lugares conhecidos como lixões. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2008), na região Nordeste 89,3% dos municípios depositam seus resíduos em lixões, o que pode comprometer a saúde e a qualidade de vida da população, bem como a qualidade ambiental local e, em casos específicos, configura-se um problema ainda mais abrangente, quando esses lixões são construídos próximos a corpos d'água, comprometendo o bem estar de todos que fazem uso destes. Este problema vem sendo minimizado com a implantação das metas da Política Nacional de Resíduos Sólidos (12.305, de 02 de Agosto de 2010), que impõe a desativação dos lixões até o ano de 2014, dando aos resíduos sólidos uma destinação mais adequada, os aterros sanitários. Por envolverem um alto custo de implantação e operação, têm sido feitos consórcios entre municípios de pequeno porte para que a construção dos aterros se torne viável.

O Consórcio de Desenvolvimento Sustentável do Médio Piranhas (CODEMP) é um projeto integrado por 20 municípios do sertão da Paraíba e tem como objetivo geral a construção de um aterro sanitário consorciado no município de Pombal – PB, deste modo, os resíduos gerados por essas cidades seriam dispostos de forma ambientalmente adequada.

O projeto CODEMP não analisou a viabilidade dos custos de transporte dos resíduos dos municípios que fazem parte do sistema, por conseguinte, as cidades mais distantes do aterro sanitário podem ser prejudicadas com os custos para cobrir

o serviço de transporte, podendo chegar a comprometer a viabilidade do projeto (CODEMP, 2012). Isto porque estes custos envolvem muitas variáveis, entre elas, o próprio veículo utilizado para o transporte dos resíduos, bem como os gastos com sua manutenção, o combustível, mão de obra qualificada, entre outros.

Portanto, se faz necessário que a escolha da localização do aterro sanitário se proceda de maneira que seja melhor para todo o sistema, objetivando sempre a otimização dos custos, já que entre os principais custos de um aterro sanitários, estão os custos com transporte dos resíduos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar entre os 20 municípios do CODEMP qual o mais indicado sob o ponto de vista dos custos de transporte dos resíduos sólidos, para a instalação do aterro sanitário proposto pelo projeto do CODEMP. Para isso, um modelo matemático de simulação foi desenvolvido e aplicado para determinar os custos de transporte de resíduos considerando cenários com a localização do aterro sanitário em cada um dos 20 municípios do CODEMP.

### **2.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos são:

- Determinar a malha rodoviária entre os municípios do CODEMP;
- Estimar o crescimento populacional dos municípios do CODEMP durante a vida útil do empreendimento;
- Estimar o volume de resíduos sólidos dos municípios do CODEMP durante a vida útil do empreendimento;
- Calcular os custos de transportes de resíduos sólidos para o conjunto de municípios do CODEMP, considerando como alternativas a instalação do aterro sanitário do consórcio em cada um de seus 20 municípios;
- Estabelecer uma lista com as melhores opções de locais para implantação do aterro sanitário do CODEMP de forma a minimizar os custos com o transporte de resíduos.



## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 Resíduos sólidos

#### 3.1.1 Conceitos

De acordo com a Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), resíduos sólidos podem ser definidos 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 técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL- Lei Federal nº 12.305, 2010, p. 2).

Esse conceito geralmente é confuso, visto que, gases e líquidos também são enquadrados como resíduos sólidos.

Essas dúvidas podem ser sanadas por Souto & Povinelli (2013), que afirmam que:

(...) se o gás contido no recipiente não pudesse ser considerado resíduo sólido, ele deveria ser removido completamente do recipiente, o que muitas vezes não é viável. Em um exagero de interpretação legal, até mesmo o ar, que é uma mistura de gases, deveria ser retirado, ou seja, embalagens só poderiam ser descartadas caso se fizesse vácuo dentro delas, o que é um contrassenso. Quanto aos líquidos, o fato de poder considerá-los como resíduos sólidos permite que líquidos perigosos sejam acondicionados em tambores e dispostos em aterros de resíduos industriais. Por fim, o termo "semissólido" permite que os lodos de estações de tratamento de água (ETAs) e de tratamento e de tratamento de esgoto (ETEs) sejam gerenciados como resíduos sólidos e, como tais, dispostos em aterros (desde que atendidos determinados requisitos) (SOUTO & POVINELLI, 2013, p 566).

Outros termos que costumam causar bastantes surpresas são as diferenças entre lixo e resíduo, já que, para a população em geral, esses termos são considerados na maioria das vezes como sinônimos, no entanto, ambos possuem suas peculiaridades.

Segundo Monteiro et al. (2001) lixo é definido como:

(...) A relatividade da característica inservível do lixo, pois aquilo que já não apresenta nenhuma serventia para quem o descarta, para

outro pode se tornar matéria-prima para um novo produto ou processo. Nesse sentido, a ideia do reaproveitamento do lixo é um convite à reflexão do próprio conceito clássico de resíduos sólidos (...) (MONTEIRO et al., 2001, p 25).

Portanto, a principal diferença entre lixo e resíduo é que o primeiro é inútil, ou seja, material que não pode ser reaproveitado, já resíduo pode até ser reinserido no processo produtivo ou reutilizado de diversas maneiras.

A ABNT, por meio da NBR nº 10.004, de 2004, define resíduos sólidos como:

(...) resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividade de origem industrial, doméstica, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis face à melhor tecnologia disponível (ABNT, NBR nº 10.004/2004, p. 1).

### 3.1.2 Classificação

Segundo Souto & Povinelli (2013), os resíduos sólidos:

(...) são gerados por quase todas as atividades humanas. Compreendem uma grande diversidade de materiais, nos quais se incluem restos de comida, computadores, garrafas, papelão, galhos de árvore, entulho e construção, palha de milho, papel, baterias, saquinhos plásticos, bagaço de cana, lâmpadas queimadas, lodos de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto, pneus, peças anatômicas, remédios vencidos, materiais radioativos, aparas de couro, sucata de metal, produtos químicos perigosos, trapos e assim por diante (SOUTO & POVINELLI, 2013, p 565).

A lista de resíduos sólidos gerados pelas atividades antrópicas é bastante ampla, podendo estes acarretar vários problemas para qualidade ambiental, se forem geridos de forma inadequada. Deste modo, para que ocorra a destinação apropriada de um determinado tipo de resíduo, antes de tudo, é importante conhecê-lo, pois com base nas suas características serão inseridos em um grupo, ou seja, classificados. Essa classificação é importante para o planejamento e gestão eficiente dos resíduos sólidos.

O lixo pode ser classificado quanto: (1) à sua natureza física em (a) seco; e, (b) molhado; (2) à sua composição química em: (a) matéria orgânica; e, (b) matéria inorgânica; (3) aos riscos provocados ao meio ambiente e à saúde pública; e, (4) à sua origem (MONTEIRO et al., 2001).

Conforme a PNRS, quanto à origem, os resíduos sólidos se organizam em **domiciliares**: originários de atividades domésticas em residências urbanas; **resíduos de limpeza urbana**: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana; **resíduos sólidos urbanos**: engloba os resíduos domiciliares e os de limpeza urbana; **resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços**: os originários de estabelecimentos comerciais; **resíduos dos serviços públicos de saneamento básico**: originários dos serviços de saneamento básico; **resíduos industriais**: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais; **resíduos de serviços de saúde**: os gerados nos serviços de saúde; **resíduos da construção civil**: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis; **resíduos agrossilvopastoris**: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades; **resíduos de serviços de transportes**: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira; e, **resíduos de mineração**: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios (BRASIL- Lei Federal nº 12.305, 2010).

Em relação aos riscos de contaminação ao meio ambiente e à saúde pública, a NBR nº 10.004, de 2004, da ABNT os divide em em duas classes: **Classe I** – Perigosos: engloba aqueles que em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade apresentam riscos à saúde pública por meio do aumento da mortalidade ou da morbidade, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada; **Classe II A** - Não inertes: compreende os resíduos que podem apresentar características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, com possibilidade de acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente; e, **Classe II B** – Inertes: abrange aqueles que, por suas características intrínsecas, não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente.

### 3.1.3 Caracterização

A caracterização dos resíduos sólidos é de extrema importância, pois é por meio dela que serão calculadas as variáveis essenciais para o dimensionamento correto de todas as etapas que compreendem o gerenciamento dos resíduos, ou seja, desde a geração até a disposição final.

A caracterização do lixo ou resíduo pode variar dependendo do contexto no qual está submetido, ou seja, aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos influenciam nas características físicas, químicas e biológicas do lixo (MONTEIRO et al., 2001).

Conforme a NBR n.º 10.004/2004 da ABNT, os principais parâmetros para caracterizar fisicamente os resíduos são: geração *per capita*, composição gravimétrica, peso específico aparente, teor de umidade e a compressibilidade.

A "**geração *per capita***" relaciona a quantidade de resíduos urbanos gerada diariamente e o número de habitantes de determinada região. **A composição gravimétrica** traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de lixo analisada. **Peso específico aparente** é o peso do lixo solto em função do volume ocupado livremente, sem qualquer compactação, expresso em kg/m<sup>3</sup>. **Teor de umidade** representa a quantidade de água presente no lixo, medida em percentual do seu peso. Este parâmetro se altera em função das estações do ano e da incidência de chuvas, podendo-se estimar um teor de umidade variando em torno de 40 a 60%. **Compressibilidade** é o grau de compactação ou a redução do volume que uma massa de lixo pode sofrer quando compactada (MONTEIRO et al., 2001).

Essas características são fundamentais para a escolha adequada dos veículos de transporte e para o dimensionamento dos equipamentos, bem como das unidades de destinação final dos resíduos.

## 3.2 Gerenciamento integrado de resíduos sólidos

### 3.2.1 Conceito

A geração de resíduos sempre será algo presente na vida dos seres humanos e por essa razão sempre ocorrerá impactos sobre o meio ambiente.

Diante disso, o que pode ser feito é a disposição final ambientalmente adequada.

A destinação final ambientalmente adequada para Souto & Povinelli (2013) é:

(...) o encaminhamento do resíduo para reutilização, reciclagem, compostagem, aproveitamento energético, disposição final, ou outras destinações admitidas pelo poder público, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e minimizar os impactos ambientais negativos. O termo, portanto, se aplica a todos os tipos de resíduos (SOUTO & POVINELLI, 2013, p 567).

A disposição final ambientalmente adequada está inserida no gerenciamento integrado de resíduos sólidos, já que, ele integra todas as atividades necessárias para que os resíduos sejam destinados corretamente, ou seja, buscando sempre a mitigação dos impactos ambientais negativos.

De acordo com Monteiro et al. (2001), Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos pode ser definido de forma geral como:

(...) o envolvimento de diferentes órgãos da administração pública e da sociedade civil com o propósito de realizar a limpeza urbana, a coleta, o tratamento e a disposição final do lixo, elevando assim a qualidade de vida da população e promovendo o asseio da cidade, levando em consideração as características das fontes de produção, o volume e os tipos de resíduos – para a eles ser dado tratamento diferenciado e disposição final técnica e ambientalmente corretas –, as características sociais, culturais e econômicas dos cidadãos e as peculiaridades demográficas, climáticas e urbanísticas locais (MONTEIRO et al., 2001, p 25).

### 3.2.2 Acondicionamento, coleta e transporte de resíduos

O acondicionamento é a etapa que antecede a coleta, pois é necessário que os resíduos estejam inseridos em coletores adequados. E para que esse acondicionamento seja eficiente, é necessário antes de tudo conhecer as características dos resíduos. O acondicionamento correto é importante para que se tenha eficiência na etapa de coleta.

Para Monteiro et al. (2001), coletar o lixo é:

(...) recolher o lixo acondicionado por quem o produz para encaminhá-lo, mediante transporte adequado, a uma possível estação de transferência, a um eventual tratamento e à disposição final. Coleta-se o lixo para evitar problemas de saúde que ele possa propiciar (MONTEIRO, 2001, p 61).

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2008), os serviços de manejo dos resíduos sólidos exercem um forte impacto no orçamento das administrações municipais, podendo atingir 20% dos gastos do município. Diante dessa situação, a coleta do lixo é executada quase que na maioria dos municípios brasileiros, entretanto, a destinação ambientalmente adequada nem sempre acontece.

Em relação aos transportes, segundo o Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (2011), realizado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, os tipos mais comuns de veículos utilizados para a coleta de resíduos sólidos domiciliares e públicos do Brasil são os caminhões do tipo basculante, carroceria ou baú, cujo conjunto responde por 43,9% da frota informada, seguido dos caminhões compactadores que chegam a 38,5% do total. Os 17,6% restantes correspondem aos demais tipos de veículos, dos quais destaca-se o trator agrícola com reboque com 11,6%, seguido dos caminhões "brook" (poliguidastes) e das carroças de tração animal. Em último vêm as embarcações com 1,0% da quantidade total de veículos apurada.

Um bom veículo de coleta de lixo domiciliar deve possuir, segundo Monteiro et al. (2001), as seguintes características:

Não permitir derramamento do lixo ou do chorume na via pública; apresentar taxa de compactação de pelo menos 3:1, ou seja, cada 3m<sup>3</sup> de resíduos ficarão reduzidos, por compactação, a 1m<sup>3</sup>; apresentar altura de carregamento na linha de cintura dos garis, ou seja, no máximo a 1,20m de altura em relação ao solo; possibilitar esvaziamento simultâneo de pelo menos dois recipientes por vez; possuir carregamento traseiro, de preferência; dispor de local adequado para transporte dos trabalhadores; apresentar descarga rápida do lixo no destino (no máximo em três minutos); possuir compartimento de carregamento (vestíbulo) com capacidade para no mínimo 1,5m<sup>3</sup>; possuir capacidade adequada de manobra e de vencer aclives; possibilitar basculamento de contêineres de diversos tipos; distribuir adequadamente a carga no chassi do caminhão; apresentar capacidade adequada para o menor número de viagens ao destino, nas condições de cada área (MONTEIRO et al., 2001, p 25).

Os veículos de coleta e transporte de lixo podem ser com compactação ou sem compactação. Os veículos que têm compactação são indicados apenas para cidades com densidade populacional alta, visto que a manutenção é considerada complicada e o equipamento apresenta um preço elevado, com a

relação custo x benefício sendo desfavorável em áreas de baixa densidade populacional. Deste modo, para as cidades pequenas, em que a população não é concentrada, os equipamentos sem compactação, a exemplo dos veículos basculantes convencionais ou Baú/Prefeitura, são os mais indicados (MONTEIRO et al., 2001).

O basculante convencional tem como principal vantagem a sua utilização para outros serviços do município, porém, a sua desvantagem é que o lixo pode se espalhar devido à ação do vento. Já o caminhão baú, também conhecido como prefeitura, é um veículo sem compactação, mas a carroceria é selada e basculante, em que os resíduos são bem acondicionados e isolados, não permitindo o espalhamento dos resíduos por meio da ação do vento (MONTEIRO et al., 2001).

### **3.3 Aterro sanitário**

Entende-se por aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos, conforme a NBR nº8.419/1992, da ABNT, a:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (ABNT, NBR nº8.4 19/1992, p. 1).

O aterro sanitário é uma obra de engenharia projetada sob critérios técnicos, cuja finalidade é garantir a disposição dos resíduos sólidos urbanos de forma a minimizar danos à saúde pública e ao meio ambiente. É considerado uma das técnicas mais eficientes e seguras de destinação de resíduos sólidos, pois permite um controle eficiente e seguro do processo e quase sempre apresenta a melhor relação custo-benefício. Pode receber e acomodar vários tipos de resíduos, em diferentes quantidades, e é adaptável a qualquer tipo de comunidade, independentemente do tamanho (IBAM, 2007).

É importante ressaltar que qualquer projeto de aterro sanitário deve ser construído de acordo com as normas preconizadas pela ABNT. No caso do aterro sanitário classe II (previsto para CODEMP), que se refere à disposição de resíduos industriais não-perigosos e não-inertes, e também para a

disposição de resíduos domiciliares, a norma que deve ser respeitada é a NBR 8419/NB 843, que descreve as questões técnicas que são fundamentais aos projetos de aterros sanitários (MONTEIRO et al., 2001).

Em relação à vida útil do aterro sanitário, a NBR n.º 13.896/1997 da ABNT cita que deve ser de no mínimo 10 anos, devido à complexidade em selecionar novas áreas e aos custos da construção de um novo empreendimento.

Existem tecnologias mais eficientes que o aterro sanitário, visto que, geram menos impactos ambientais negativos como: compostagem, digestão anaeróbia, reciclagem, plasma, vermicompostagem, dentre outros. No entanto, essas tecnologias não conseguem acompanhar a demanda da geração de resíduos, deste modo, o aterro sanitário ainda é a tecnologia mais viável.

### **3.4 Custos de transporte**

De forma generalizada, os custos que compreendem todas as etapas operacionais até a disposição final podem representar cerca de 50% do orçamento do sistema de limpeza urbana do município, em que os custos de transporte e equipamentos destacam-se, pois os gastos são bastante elevados (MONTEIRO et al., 2001).

Os custos de transporte dos resíduos sólidos urbanos conseguem se destacar justamente pela quantidade de insumos e serviços que incluem todo o segmento. No âmbito rodoviário, de acordo com o Manual de Cálculo de Custos e Formação de Preços do Transporte Rodoviário de Cargas (2001), realizado pelo Departamento de Custos Operacionais (Decope), os preços de transporte estão relacionados com os custos fixos e variáveis. Os primeiros correspondem às despesas operacionais dos veículos que não variam com a distância percorrida, isto é, continuam existindo, mesmo com o veículo parado. Já os custos variáveis correspondem às despesas que variam com a distância percorrida pelo veículo, ou seja, que não ocorrem caso o veículo permaneça na garagem.

No inciso XIX do artigo 8º da PNRS observa-se que “o incentivo à adoção de consórcios ou de outras formas de cooperação entre os entes



federados, com vistas à elevação das escalas de aproveitamento e à redução dos custos envolvidos” é um dos instrumentos dessa Lei. Em outras palavras, há na PNRS um estímulo aos projetos consorciados, ou seja, a geração de resíduos de várias cidades convergindo para um único local, minimizando os impactos ambientais de vários municípios e ao mesmo tempo otimizando os recursos financeiros. No entanto, a escolha da cidade mais próxima do aterro sanitário (município sede) não deve ser conduzida de qualquer forma, é preciso que sejam observadas as questões ecológicas, sociais e econômicas.

A escolha do município sede deve ser observada de forma criteriosa, visto que, os custos de transporte dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) serão diretamente influenciados com as decisões tomadas.

Segundo o ReCESA (2008), a seleção de áreas para implantação de aterros sanitários é uma das principais dificuldades enfrentadas pelos municípios, principalmente porque uma área, para ser considerada adequada, deve reunir um grande conjunto de condições técnicas, econômicas e ecológicas, que demandam o conhecimento de um grande volume de dados e informações, normalmente indisponíveis para as administrações municipais.

Nota-se que a seleção da área aborda inúmeras variáveis, o que torna o processo bastante complexo e demorado. Deste modo, é conveniente que seja utilizado como ferramenta de suporte os modelos de simulação matemática, como auxílio no processo decisório.

### **3.5 Simulação matemática**

A simulação matemática tem como principal vantagem a sua flexibilidade, pois permite que qualquer sistema seja representado matematicamente por meio de modelos para computador. Outra característica é que os problemas podem ser analisados de acordo com a exigência do pesquisador, no entanto, sua principal desvantagem é que a técnica de simulação não disponibiliza a restrição do espaço decisório, logo, a solução otimizada dos problemas é alcançada por meio do processo de tentativa e erro (GABRIEL et al., 2002).

Segundo Gabriel et al. (2002), os modelos de simulação:

(...) fornecem a resposta de um sistema a um conjunto de informações de entrada, que incluem regras de decisão, permitindo ao decisor examinar as consequências de diversos cenários de um sistema existente ou de um sistema em projeto (GABRIEL, 2002, P 166).

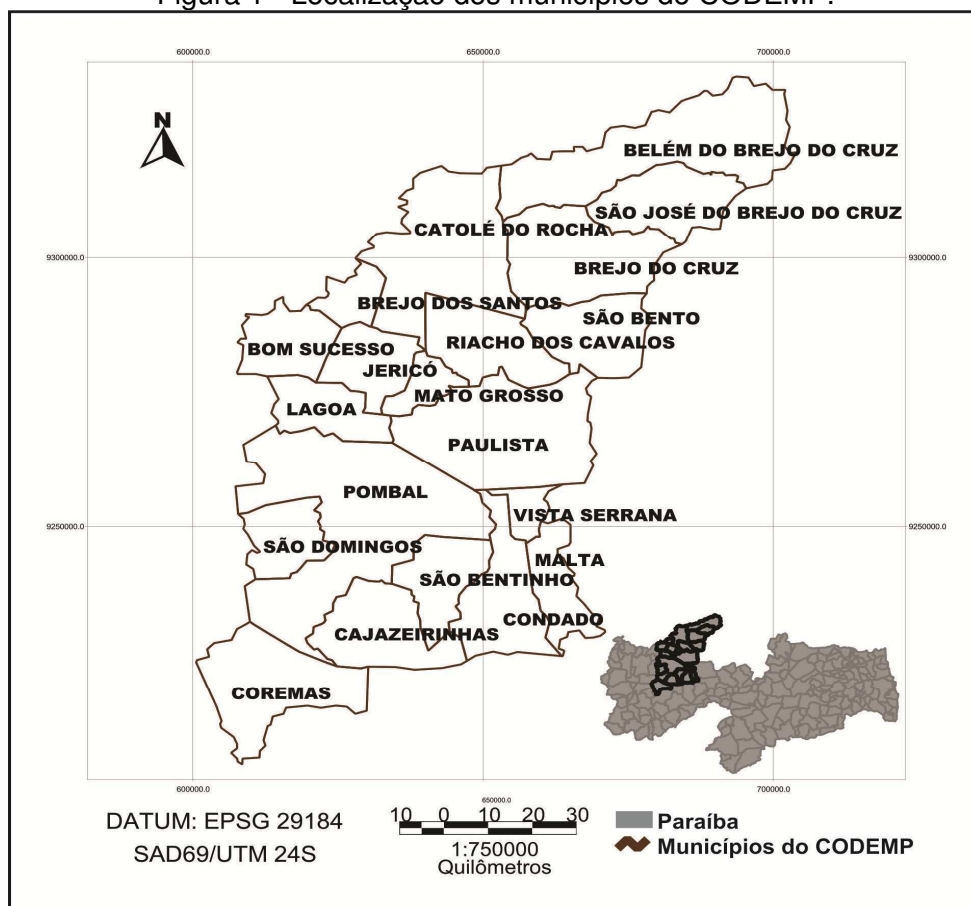
A simulação matemática permite observar as situações de acordo com suas peculiaridades, bem como determinar a alternativa ótima por meio da simulação dos diversos cenários possíveis.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Área de estudo

Os municípios que integram o CODEMP estão localizados no estado da Paraíba, mais precisamente na Mesorregião do Sertão Paraibano. As populações de 2010 dos vinte municípios em estudo podem ser observadas na FIG. 1 e na TAB.1. O aterro sanitário será instalado na cidade de Pombal – PB, porém, não foi realizado qualquer estudo sobre os gastos de transporte de resíduos até o município sede. Essa situação pode comprometer o projeto do ponto de vista econômico, pois os gastos podem ser inviáveis para os municípios mais distantes do aterro sanitário (CODEMP, 2012).

Figura 1 - Localização dos municípios do CODEMP.



Fonte: Arquivos shapefile da AESA (IBGE, 2007).

Tabela 1 - População dos municípios do CODEMP em 2010.

Municípios	População 2010
Belém do Brejo do Cruz	7.143

Bom Sucesso	5.035
Brejo do Cruz	13.123
Brejo dos Santos	6.198
Cajazeirinhas	3.033
Catolé do Rocha	28.759
Condado	6.584
Coremas	15.149
Jericó	7.538
Lagoa	4.681
Malta	5.613
Mato Grosso	2.702
Paulista	11.788
Pombal	32.110
Riacho dos Cavalos	8.314
São Bento	30.879
São Bentinho	4.138
São Domingos	2.855
São José do Brejo do Cruz	1.684
Vista Serrana	3.512

Fonte: IBGE (2013).

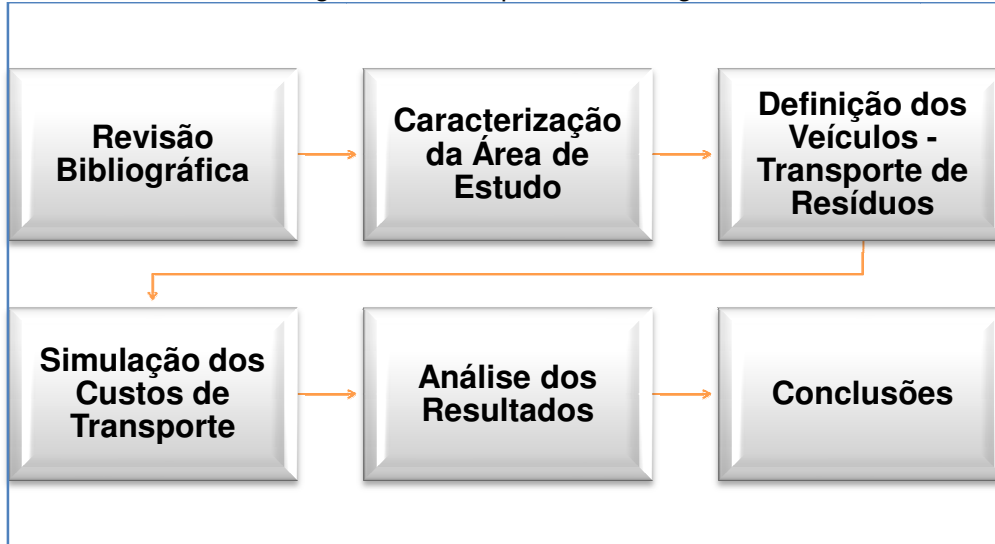
Neste trabalho adotou-se uma vida útil de 20 (vinte) anos para o aterro sanitário que receberá os resíduos dos municípios que fazem parte do consórcio. O projeto CODEMP não contém nenhuma informação com relação à quantidade de anos de vida útil do projeto. Atualmente, todos os vinte municípios que compõem o projeto CODEMP destinam seus resíduos de forma ambientalmente incorreta, já que os resíduos gerados diariamente são encaminhados para lixões, em que não ocorre nenhum controle dos impactos ambientais (CODEMP, 2012).

#### **4.2 Modelo de Simulação**

O modelo de simulação foi desenvolvido de forma a permitir uma análise dos custos de transporte dos resíduos. Para isso, foram simuladas 20 situações testando a localização do aterro sanitário em cada um dos municípios do CODEMP. O modelo de simulação utilizou vários itens para a base de cálculos por meio de *softwares* como o *Microsoft Excel 2010* e o

Matlab2012a. As etapas metodológicas para a construção do modelo matemático estão descritas a seguir e podem ser observadas de forma geral no Fluxograma 1.

Fluxograma 1 - Etapas metodológicas do estudo.



#### 4.2.1 Estimativa da população dos municípios do CODEMP para a vida útil do aterro sanitário

Tendo como base a taxa de crescimento geométrico que foi obtida por meio da estimativa da população da Paraíba (Urbana e rural), do ano de 2000 até 2030 realizada pelo IBGE, foi possível estimar com as Equações 1 e 2 a população para 20 anos a partir de 2014 (2014-2033), que corresponde à vida útil do aterro sanitário adotado para este estudo. Para os anos de 2031 a 2033, adotou-se a mesma taxa de crescimento geométrico do ano de 2030, já que não se tinha informações para esses anos.

$$\text{Equação 1: } g = \sqrt[\Delta t]{\frac{P_n}{P_{n-1}}}$$

$$\text{Equação 2: } P_n = P_{n-1}(1 + g)^{\Delta t}$$

Em que:

$g$  = Taxa de crescimento geométrico;

$\Delta t$  = Variação do tempo em anos;

$P_n$  = População no ano "n";

$P_{n-1}$  = População atual.

A geração *per capita* dos resíduos sólidos está diretamente relacionada com o crescimento populacional durante a vida útil do aterro sanitário. Portanto, é de fundamental importância que a estimativa do crescimento populacional seja realizada de forma criteriosa para evitar problemas futuros para o sistema.

#### 4.2.2 Estimativa do volume de resíduos dos municípios

As gerações *per capita* de resíduos sólidos nos municípios do CODEMP foram estimadas com base em Monteiro et al. (2001), conforme TAB. 2. Assim, para os municípios com população menor ou igual a 30 mil habitantes, considerou-se 0,5 kg/hab./dia, e para os municípios que têm população entre 30 e 500 mil habitantes, foi feito o processo de interpolação entre os valores de 0,5 e 0,8 kg/hab./dia. Deste modo, encontra-se a geração *per capita* da população que é função do crescimento populacional durante a vida útil do aterro sanitário. Vale salientar que considerou-se que todo resíduo gerado seria depositado no aterro, isto é, não foi levado em conta outros métodos de destinação final dos resíduos.

Tabela 2 - Faixas mais utilizadas da geração per capita.

TAMANHO DA CIDADE	POPULAÇÃO URBANA (habitantes)	GERAÇÃO PER CAPITA (kg/hab./dia)
Pequena	Até 30 mil	0,50
Média	De 30 mil a 500 mil	De 0,50 a 0,80
Grande	De 500 mil a 5 milhões	De 0,80 a 1,00
Megalópole	Acima de 5 milhões	Acima de 1,00

Fonte: Monteiro et al. (2001).

#### 4.2.3 Levantamento das distâncias entre municípios e o tipo de trecho

As distâncias entre os municípios foram obtidas por meio do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado da Paraíba – DER/PB (2013) e do *Google Maps* (2013). As distâncias foram organizadas de acordo com o tipo do trecho da rodovia, em uso rodoviário e uso severo. Uso rodoviário são as rodovias que estão asfaltadas, enquanto que uso severo são as rodovias que não estão pavimentadas. Logo, a distância total é dada pela Equação 3:

$$\text{Equação 3: } Dt = Drod + Dsev$$

Em que:

*Dt* = Distância total;

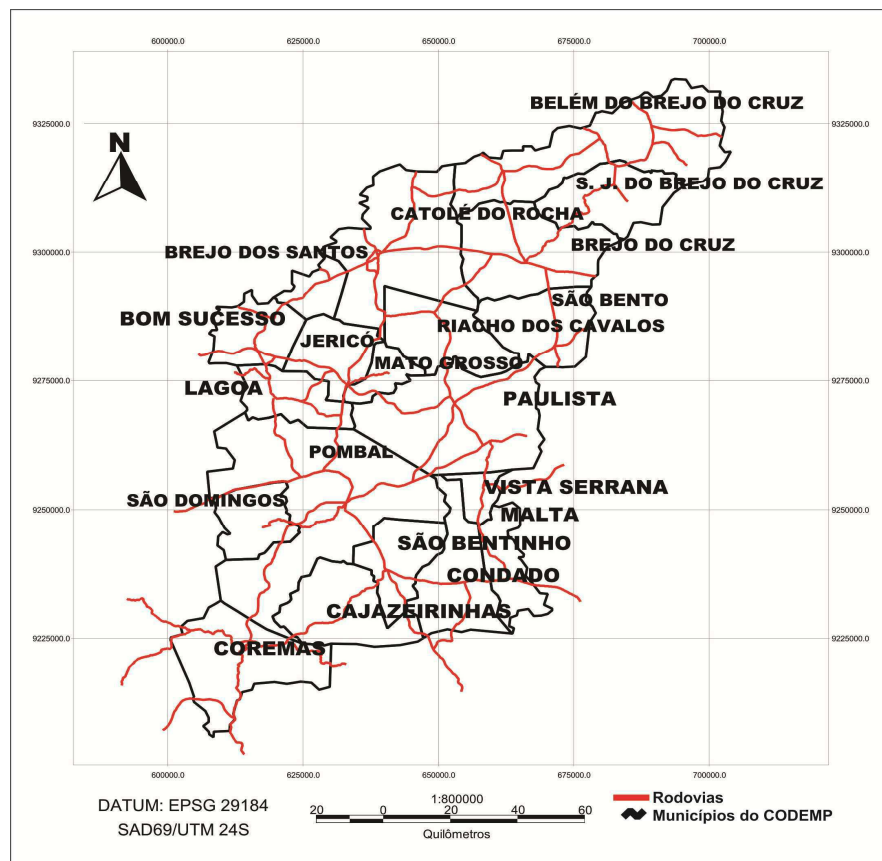
*Drod* = Distância rodoviária;

*Dsev* = Distância severa.

Uma distância de 5 km entre o município sede (considerando o limite externo da área urbana) e o aterro sanitário foi considerada no modelo de simulação para cada município.

Segundo o DER/PB (2013), as condições das rodovias que ligam os municípios são consideradas adequadas, embora 108,3 km não sejam pavimentados. A FIG. 2 apresenta as rodovias pavimentadas e não pavimentadas que ligam os municípios do CODEMP.

Figura 2 – Rodovias que ligam os municípios do CODEMP.



Fonte: Arquivos shapefile de AESA (IBGE, 2007).

#### 4.2.4. Definição dos veículos e das carrocerias para transporte de resíduos de cada município

Os caminhões adotados para o estudo foram todos da marca Mercedes-Benz, pois o fabricante é altamente conhecido pela qualidade em seus veículos e considerado líder no segmento de caminhões. Outra característica é que todos os caminhões são equipados com os motores *BlueTec*, tecnologia desenvolvida para atender a norma Proconve P7 e que proporciona maior durabilidade do motor, economia de combustível, maiores intervalos de troca de óleo do motor, menor índice de emissão de poluentes, e mais potência e torque.

O Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) foi desenvolvido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) com o intuito de controle da qualidade do ar. O programa é considerado uma adaptação das metodologias internacionais (Euro). O Proconve P7 é a versão brasileira da Euro V, que já está em vigor na Europa e representa a quinta etapa mais eficiente de diminuição progressiva de emissão de gases.

O Proconve segundo a resolução CONAMA Nº 18, de 6 de maio de 1986, tem como objetivos:

Reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores visando o atendimento aos Padrões de Qualidade do Ar, especialmente nos centros urbanos; promover o desenvolvimento tecnológico nacional, tanto na engenharia automobilística, como também em métodos e equipamentos para ensaios e medições da emissão de poluentes; criar programas de inspeção e manutenção para veículos automotores em uso; promover a conscientização da população com relação à questão da poluição do ar por veículos automotores; estabelecer condições de avaliação dos resultados alcançados; promover a melhoria das características técnicas dos combustíveis líquidos, postos à disposição da frota nacional de veículos automotores, visando a redução de emissões poluidoras à atmosfera. (CONAMA, Resolução nº 18/1986, p. 1).

Os caminhões escolhidos para este estudo foram (a) Atron 1319, (b) Atron 2324 e (c) Atron 2729, que podem ser observados na FIG. 3. O Atron 1319 atende ao segmento de médios com um peso bruto total (PBT) de 13,9 toneladas, que pode chegar a 21,3 com a instalação do 3.º eixo e está preparado para receber os mais variados tipos de implementos. O Atron 2324



atende ao segmento de semipesados 6x2 com um PBT de 22 toneladas. Já o Atron 2729 possui tração 6x4, PBT técnico de 26,5 toneladas e capacidade máxima de tração de 45,1 toneladas.

Figura 3 - Veículos adotados para o CODEMP.



As carrocerias adotadas foram da marca TRUCAR, que atua no mercado de equipamentos rodoviários, fabricando e comercializando caçambas basculantes, dentre outros. Todas as carrocerias (FIG.4) são do tipo basculante com volumes de 6, 12 e 24m<sup>3</sup>, que são compatíveis com os caminhões Atron 1319, o Atron 2324 e o Atron 2729, respectivamente.

Figura 4 - Carrocerias de (a) 6 (Atron 1319), (b) 12 (Atron 2324) e (c) 24 m<sup>3</sup> (Atron 2729).



Os caminhões completos (veículo mais carroceria) foram escolhidos de acordo com a geração *per capita* de resíduos sólidos (kg/hab.dia) dos municípios do CODEMP, em que se considerou o peso específico de 230 kg/m<sup>3</sup>

(MONTEIRO et al., 2001). Portanto, para determinar o tipo de caminhão para cada cidade adotou-se as seguintes restrições:

- Geração *per capita* (kg/hab./dia)  $\leq 6 \text{ m}^3$  (Atron 1319);
- $6 \text{ m}^3 < \text{Geração per capita (kg/hab./dia)} \leq 12 \text{ m}^3$  (Atron2324);
- Geração *per capita* (kg/hab./dia)  $> 12 \text{ m}^3$  (Atron2729).

Alguns municípios necessitam apenas de uma única viagem por dia para transportar todo o volume de resíduos. No entanto, outras cidades requerem mais de uma viagem. Logo, o número de viagens é obtido por meio da Equação 4. que pode ser observada a seguir.

$$\text{Equação 4: } \mathbf{NumVia} = \frac{\mathbf{VolRes}}{\mathbf{TipCam}}$$

Em que:

**NumVia** = Número de viagens;

**VolRes** = Volume de resíduos diariamente;

**TipCam** = Tipo de caminhão.

É importante ressaltar que quando o resultado do número de viagens é um valor fracionado, o mesmo é arredondado para o número inteiro imediatamente maior que a fração. O número de viagens pode aumentar no decorrer da vida útil do aterro sanitário em virtude do aumento da geração de resíduos, que é função do aumento populacional.

#### 4.2.5. Definição dos custos fixos e variáveis de transporte

Para estabelecer os custos fixos e variáveis, utilizou-se o Manual de Cálculo de Custos e Formação de Preços do Transporte Rodoviário de Cargas (2001), realizado pelo Departamento de Custos Operacionais (Decope). Os custos fixos são aqueles que correspondem às despesas operacionais do veículo que não variam com a distância percorrida. Já os custos variáveis correspondem às despesas que mudam com a distância percorrida pelo veículo.

#### 4.2.5.1 Custos fixos

Os custos fixos de operação do veículo são compostos pelos seguintes itens: remuneração mensal do capital empatado (RC), salário do motorista (SM), salário de oficina (SO), reposição do veículo (RV), reposição do equipamento (RE), licenciamento (LC), seguro do veículo (SV), seguro do equipamento (SE) e seguro de responsabilidade civil facultativo (RCF) e lavagem e graxas (LG) (Decope, 2001), que neste trabalho foi também considerado como custo fixo.

##### 4.2.5.1.1 Remuneração mensal do capital empatado (RC)

Corresponde ao ganho no mercado financeiro caso o capital não tivesse sido usado para comprar o veículo. Esta remuneração é determinada por meio da Equação 5 (Decope, 2001).

$$\text{Equação 5: } RC = VTV \times \frac{0,13}{12}$$

Em que:

**RC** = Remuneração mensal do capital empatado;

**VTV** = Valor do caminhão + valor da carroceria.

O coeficiente 0,13 da Equação 5 corresponde à taxa anual de juros de 12% mais 1% ao ano para remunerar o capital empatado em peças de reposição. Os preços dos caminhões foram obtidos por meio da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE, 2014) e os das carrocerias por meio de pesquisas com fornecedores da marca TRUCAR. Os valores totais dos veículos adotados neste estudo podem ser observados na TAB. 3.

Tabela 3 - Valores dos veículos e carrocerias.

Preços			
	Veículo	Carrocerias	Preço total
<b>Atron 1319</b>	R\$ 153.940,00	R\$ 25.000,00	R\$ 178.940,00
<b>Atron 2324</b>	R\$ 199.816,00	R\$ 30.000,00	R\$ 229.816,00
<b>Atron 2729</b>	R\$ 230.718,00	R\$ 42.000,00	R\$ 272.718,00

#### 4.2.5.1.2 Salário do motorista (SM)

Corresponde às despesas mensais com salário de motorista e horas extras, caso ocorram, acrescidas dos encargos sociais, correspondentes a 96,14%. Logo, o custo total com o salário do motorista é obtido a partir da multiplicação dos encargos sociais com o salário que é pago mensalmente, conforme mostrado na Equação 6 (Decope, 2001).

Equação 6:  $SM = 1,9614 \times \text{Salário Mínimo de Motorista}$

Segundo o Sindicato das Empresas de Transporte de Cargas da Paraíba (SETCEPB), motoristas que transportam cargas acima de 2,5 toneladas devem receber R\$ 1.000,00 mais vale alimentação (SETCEPB, 2012). Neste trabalho foi considerado um acréscimo de 10% sobre o salário que é referente ao grau de insalubridade pelo transporte de resíduos sólidos.

#### 4.2.5.1.3 Salário de oficina (SO)

São as despesas com os profissionais que fazem a manutenção dos veículos e seus encargos sociais. Seu custo mensal é obtido multiplicando-se o salário médio do pessoal de oficina pelo coeficiente de encargos sociais e dividindo-se o resultado pela relação entre o número de caminhões e o número de funcionários do setor ( $n$ ), como pode ser observado na Equação 7. Este valor  $n$  varia com a classe do veículo. Como os caminhões adotados para o estudo do CODEMP são considerados caminhões semipesados e médios, o valor adotado para  $n$  foi igual a 4 (quatro) (Decope, 2001).

Equação 7:  $SO = 1,9614 \times \frac{\text{Salário de Oficina}}{n}$

De acordo com a NR-15 (Norma do Ministério do Trabalho e Emprego), que dispõem sobre atividades e operações insalubres, o trabalho dos funcionários de oficinas mecânicas é classificado no grau de insalubridade máxima, em razão do contato direto com óleos e graxas, o que lhes dá direito a um acréscimo de 40% sobre o seu salário. Para este estudo foi considerado o salário mínimo nacional igual a R\$ 724,00 como o valor de salário dos funcionários de oficina mecânica.

#### 4.2.5.1.4 Reposição de veículo (RV)

É a quantia que deve ser reservada mensalmente a um fundo para comprar um novo veículo zero quilômetro quando o presente concluir seu ciclo de vida útil econômica. Considera-se que, no fim deste período (VV, em meses), é possível obter como valor de revenda 20% do valor do veículo novo. Deste modo, será necessário distribuir os 80% restantes pelo período (VV) (Decope, 2001).

$$\text{Equação 8: } \mathbf{RV} = \frac{0,8 \times (\text{Valor do Veículo Novo} - \text{Valor dos Pneus})}{VV}$$

Como os veículos adotados para o CODEMP são enquadrados como semipesados e médios, adotou-se  $VV = 72$  meses. A Equação 8 exclui os custos dos pneus por que tais valores são considerados em um item específico do custo variável (Decope, 2001).

#### 4.2.5.1.5 Reposição do equipamento (RE)

Assim como se destina um fundo para reposição de um novo veículo, o mesmo deve ser feito para a reposição da carroceria. Portanto, no final da vida útil econômica da carroceria (VE, em meses), estima-se (Equação 09) que seu valor de revenda é de 5% do valor de um equipamento novo, logo, será necessário distribuir os 95% restantes pelo período (VE). A Equação 09 também exclui os custos dos pneus porque tais valores são considerados um item específico do custo variável (Decope, 2001).

$$\text{Equação 9: } \mathbf{RE} = 0,95 \times \frac{(\text{Valor da Carroceria})}{VE}$$

Neste estudo não se considerou a subtração do valor dos pneus (Equação 9), pois as carrocerias dos caminhões Atron 1319, o Atron 2324 e o Atron 2729 são casadas com o *chassi* do veículo. O período de vida útil econômica da carroceria (VE) foi considerado o mesmo do período de vida útil econômica do veículo, ou seja, 72 meses.

#### 4.2.5.1.6 Licenciamento (LC)

O licenciamento reúne os tributos fiscais (Equação 10) pagos antes de colocar o veículo em circulação. Ele é constituído pelo somatório do imposto

sobre a propriedade de veículos automotores (IPVA), seguros por danos pessoais causados por veículos automotores (DPVAT), taxa de licenciamento (TL) paga ao Departamento Estadual de Trânsito (Detran) e a taxa contra incêndio e salvamento (Decope, 2001).

$$\text{Equação 10: } LC = \frac{IPVA + DPVAT + Tbomb + TL}{12}$$

$$\text{Equação 11: } IPVA = 0.01 \times Pcam$$

Em que:

**LC** = Licenciamento;

**IPVA** = Imposto sobre a propriedade de veículos automotores;

**Pcam** = Preço do caminhão;

**DPVAT** = Seguros por danos pessoais causados por veículos automotores;

**Tbomb** = Taxa contra incêndio e salvamento;

**TL** = Taxa de licenciamento paga ao Detran.

O imposto sobre a propriedade de veículos automotores (IPVA) é calculado (Equação 11) a partir de um percentual sobre o valor do veículo. Conforme a Lei Estadual Paraibana nº 7.131/2002, alterada pela Lei Estadual nº 10.230/2013, a alíquota do imposto é de 1,0% (um por cento) para caminhões.

Segundo o *site* oficial do seguro DPVAT (2014), administrado pela seguradora Líder, o valor a ser pago por este seguro anualmente é de R\$ 110,38 para caminhões. De acordo com o *site* do Departamento Estadual de Trânsito da Paraíba (2014), os valores a serem pagos pelas taxas de contra incêndio e salvamento e de licenciamento paga ao Detran são de R\$ 16,47 e R\$ 109,80, respectivamente, (DETRAN/PB, 2014).

#### 4.2.5.1.7 Seguro do veículo e da carroceria (SV/SC)

O seguro do veículo (SV) e da carroceria (SC) representam um fundo mensal que deve ser feito para pagar o seguro ou arcar com os sinistros que possam ocorrer. Para definir o preço do seguro são necessárias informações diversificadas, como, por exemplo, a idade do condutor, a região de tráfego, a existência de garagem, etc. Em virtude desta complexidade, optou-se por ignorar esse item no estudo em questão.

#### 4.2.5.1.8 Lavagem e graxas (LG)

São os custos com a lavagem e lubrificação externa dos caminhões. Os valores foram obtidos por meio de entrevista nos estabelecimento que fazem esse tipo de serviço na cidade de Pombal – PB. Os valores para esse serviço são de R\$ 70,00 para lavagem e R\$ 25,00 para lubrificação externa, totalizando um valor de R\$ 95,00 por caminhão. Foi considerado esse item duas vezes por mês, logo, R\$ 190,00 por veículo.

#### 4.2.5.1.9 Custos fixos totais (CFT)

Os custos fixos totais por mês foram obtidos por meio do somatório dos resultados das equações anteriores (Equação 12).

$$\text{Equação 12: } CF = RC + SM + SO + RV + RE + LC + LG$$

Para obtenção dos custos fixos diários, a Equação 12 foi multiplicada por 12 e dividida por 365, como pode ser observado na Equação 13.

$$\text{Equação 13: } CF = (RC + SM + SO + RV + RE + LC + LG) \times \frac{12}{365}$$

#### 4.2.5.2 Custo variável (CV)

O custo variável é estimado pelos seguintes itens: peças, acessórios e material de manutenção (PM), despesas com combustível (DC), lubrificantes (LB) e pneus e recauchutagens (PR) (Decope, 2001).

##### 4.2.5.2.1 Peças, acessórios e material de manutenção (PM)

Este item está relacionado com a previsão e organização dos custos mensais com peças, acessórios e material de manutenção do veículo, como pode ser observado na Equação 14. Esses custos devem ser divididos pela quilometragem mensal percorrida para se obter o custo por quilômetro (Decope, 2001).

$$\text{Equação 14: } PM = \frac{\text{Valor do Veículo Completo} - \text{Valor dos Pneus}}{DM \text{ (Distância mensal ideal percorrida pelo veículo (km))}}$$

Para os caminhões do CODEMP foram consideradas as distâncias percorridas em cada mês pelos veículos (DM) de 2.500 quilômetros para trechos severos e 5.000 quilômetros para trechos rodoviários.

#### 4.2.5.2.2 Despesas com combustível (DC)

São os custos por quilômetro rodado pelos veículos do CODEMP. O resultado deste item é determinado por meio do preço do combustível (óleo diesel) por litro dividido pelo rendimento do combustível. Essa relação pode ser observada por meio da Equação 15 (Decope, 2001).

$$\text{Equação 15: } DC = \frac{PC}{RM}$$

Em que:

*DC* = Despesas com combustível (R\$/km);

*PC* = Preço do combustível (R\$/litro);

*RM* = Rendimento do combustível(km/litro).

O preço do combustível por litro foi obtido por meio de entrevistas com funcionários de postos de combustíveis de todos os municípios do CODEMP que possuem esse tipo de estabelecimento, de modo que fosse obtido um preço médio para todas as cidades. Logo, foi feito uma média aritmética dos valores coletados, como pode ser observado na TAB. 4.

O rendimento do combustível para os caminhões adotados para o estudo foi obtido por meio de entrevistas com representantes de vendas da marca Mercedes-Benz. Esses resultados vão depender do tipo de veículo, das condições da rodovia e se o veículo está, ou não, transportando a carga máxima. Tais valores podem ser observados na TAB. 5.

É importante mencionar que foi feita a média aritmética do rendimento de combustível para transporte “com carga” (viagem de ida) e “sem carga” (viagem de volta), uma vez que o veículo voltará vazio.

Tabela 4 - Valor adotado para o preço do combustível por litro.

CIDADES	POSTO DE COMBUSTÍVEL	PREÇO POR LITRO
Belém do Brejo do Cruz	Posto Frei Damião	R\$ 2,49
Bom Sucesso	Posto Bom Sucesso	R\$ 2,50



Brejo do Cruz	Germano Rodrigues de Melo	R\$ 2,48
Brejo dos Santos	Auto Posto Edson Araújo	R\$ 2,45
Cajazeirinhas	Posto do Pezão	R\$ 2,37
Catolé do Rocha	Posto São Francisco	R\$ 2,43
Condado	Auto Posto Agagenor	R\$ 2,36
Coremas	Z & K Com. de Combustíveis Coremense	R\$ 2,55
Jericó	São Jorge	R\$ 2,45
Lagoa	Posto de Custodia	R\$ 2,42
Malta	Auto Posto Agagenor II	R\$ 2,36
Paulista	Posto Dutra	R\$ 2,46
POMBAL	Posto BR - Maravilha	R\$ 2,44
Riacho dos Cavalos	Riacho Comercial de Combustíveis Ltda	R\$ 2,46
São Bento	Posto e Pousada São Bento 2	R\$ 2,50
São Bentinho	Posto Martins	R\$ 2,42
MÉDIA		<b>R\$ 2,45</b>

Tabela 5 - Rendimento do combustível (RM).

CAMINHÃO	SITUAÇÃO DO TRAJETO		Km/L
ATRON 1319 - 4X2	SEVERO	COM CARGA	3,9
		SEM CARGA	4,1
	RODOVIÁRIO	COM CARGA	4,3
		SEM CARGA	4,8
ATRON 2324 - 6X2	SEVERO	COM CARGA	3,7
		SEM CARGA	3,9
	RODOVIÁRIO	COM CARGA	4,1
		SEM CARGA	4,8
ATRON 2729 - 6X2	SEVERO	COM CARGA	3,2
		SEM CARGA	3,4
	RODOVIÁRIO	COM CARGA	3,6
		SEM CARGA	4,1

#### 4.2.5.2.3 Lubrificantes (LB)

Esse item aborda a troca de todos os óleos lubrificantes, filtros e a regulação das válvulas do motor (Equação 16).

$$\text{Equação 16: } LB = \frac{\text{Valor dos Produtos}}{\text{Distância Percorrida}}$$

O valor dos produtos necessários para a manutenção do veículo foi obtido por meio de entrevista com funcionários do departamento de manutenção da concessionária Unidas, localizada em João Pessoa – PB, o custo é de R\$ 1.250,00 a cada 30.000 quilômetros rodados para uso severo e o mesmo valor a cada 60.000 quilômetros rodados para uso rodoviário. Deste

modo, o custo por quilômetro para todos os caminhões adotados para o CODEMP é representado pelas equações 17 e 18:

$$\text{Equação 17: } \mathbf{LB} = \frac{1.250,00}{30.000} \text{ para uso severo}$$

$$\text{Equação 18: } \mathbf{LB} = \frac{1.250,00}{60.000} \text{ para uso rodoviário}$$

Portanto, para as cidades que utilizaram trechos com rodovias asfaltadas e não pavimentadas, isto é, uso rodoviário e uso severo, os custos são obtidos por meio do somatório das Equações 17 e 18 em função da distância percorrida para cada trecho.

#### 4.2.5.2.4 Pneus e recauchutagens (PR)

Este item se refere aos custos resultantes do consumo dos pneus utilizados nos caminhões. Para obter o valor desse item por quilômetro (Equação 19), é necessário dividir o preço do conjunto de pneus pela quantidade de quilômetros (vida útil do pneu) informada pelo fornecedor. Neste trabalho não foi considerado a reutilização (recauchutagem) dos pneus.

$$\text{Equação 19: } \mathbf{PR} = \frac{\text{Preço dos Pneus}}{\text{Quilômetros Percorridos}}$$

Os valores referentes aos preços, tipos, durabilidade, dentre outras informações dos pneus estão descritos por tipo de caminhão na TAB. 6. Em relação ao trecho da rodovia, foram considerados os mesmos custos para uso severo e rodoviário.

Tabela 6 - Custos de pneus por quilômetro.

CAMINHÃO	ATRON 1319 - 4X2		ATRON 2324 - 6X2		ATRON 2729 - 6X2	
TIPO DE PNEU	275 / 80 R 22,5	10.00R 20 PR 16	275 / 80 R 22,5	10.00R 20 PR 16	10.00 - 20 PR16	10.00 R 20 PR16
DURABILIDADE - QUILOMETRO (Km)	100000		100000		100000	
UNIDADES POR CAMINHÃO	2	4	2	8	2	8
PREÇO R\$	1550	1621	1550	1621	1621	1621
CUSTO TOTAL POR TIPO DE PNEU	3100	6484	3100	12968	3242	12968
CUSTO TOTAL POR CAMINHÃO	9584		16068		16210	
CUSTO POR KM	0,10		0,16		0,16	

As informações da TAB.6 foram fornecidas pela Santorres Patos – PB, que é uma empresa autorizada pela Mercedes-Benz. Os pneus são da marca Michelin que é uma das maiores empresas do segmento pneus do mundo.

#### 4.2.5.2.5 Custos variáveis totais (CVT)

Os custos variáveis totais são obtidos por meio do somatório dos itens peças, acessórios e material de manutenção (PM), despesas com combustível (DC), lubrificantes (LB) e pneus e recauchutagens (PR), como pode ser observado na Equação 20:

$$\text{Equação 20: } CV = PM + DC + LB + PR$$

É importante destacar que os custos variáveis da Equação 20 são em R\$/km, ou seja, esses custos são em função da distância percorrida, que tem suas particularidades que influenciam os custos dependendo do tipo de rodovia, ou seja, se o uso é rodoviário ou severo.

#### 4.2.5.3 Custos totais (CT)

Os custos totais (CT) anuais são calculados (Equação 21) por meio do somatório dos itens dos custos fixos totais (CFT) mais os itens dos custos variáveis totais (CVT). O resultado do somatório desses valores é influenciado de acordo com o tipo de caminhão, do tipo da rodovia (severo ou rodoviário), das distâncias percorridas e da correção dos preços ao longo dos 20 anos de vida útil do aterro sanitário do CODEMP.

Equação 21:

$$CT = 365 \times (CustFixCam + 2 * Dsev * CustCamSev * NumVia + 2 * Drod * CustCamRod * Numvia) * (1 + INCTF)^{Ano-2014}$$

Em que:

**CustFixCam** = O custo fixo diário (CF) em relação ao tipo de caminhão;

**Dsev** = Distância severa;

**CustCamSev** = Custo variável (CV) em relação ao tipo de caminhão no trecho severo;

**NumVia** = Número de viagens;

**Drod** = Distância rodoviário;

**CustCamRod** = Custo variável (CV) em relação ao tipo de caminhão no trecho severo;

*INCTF = Índice Nacional da Variação de Custos do Transporte Rodoviário.*

O Índice Nacional da Variação de Custos do Transporte Rodoviário de Cargas Fracionadas (INCTF) mede a evolução de todos os custos de carga fracionada anualmente. O valor adotado para o aumento anual nos custos de transporte foi o calculado entre dezembro de 2012 e dezembro de 2013, em que a variação média do INCTF foi de 7,85%. Esse índice é calculado pela Associação Nacional do Transporte de Cargas e Logística (NTC&LOGÍSTICA).

O modelo de simulação calculou os custos de transporte para os 20 anos do projeto, mas sabe-se que os preços mudam de acordo com a situação da economia. Para resolver esse problema foi adotado o INCTF atualizado como fator de acréscimos ao longo dos anos.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Malha rodoviária

O resultado das distâncias entre todos os municípios que compõem o CODEMP, organizado de acordo com o trecho (severo/rodoviário), é observado na TAB.7. As distâncias entre as cidades podem ser obtidas com a interseção da linha com a coluna da referida tabela, que correspondem a duas determinadas cidades. A distância total entre os municípios é o resultado do somatório dos tipos de trechos. As condições das estradas são consideradas adequadas, com a maior parte dos trechos em condições rodoviárias.

Tabela 7 - Distâncias em quilômetros entre os municípios do CODEMP.

	Belém do Brejo do Cruz	Bom Sucesso	Brejo do Cruz	Brejo dos Santos	Cajazeirinhas	Catolé do Rocha	Condado	Coremas	Jericó	Lagoa	Malta	Mato Grosso	Paulista	POMBAL	Riacho dos Cavalos	São Bento	São Bentinho	São Domingos	São José do Brejo do Cruz	Vista Serrana
Belém do Brejo do Cruz	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	9,4	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,4	9,4
Bom Sucesso	0,0	76,5	19,9	60,9	125,0	50,0	104,8	150,0	79,9	100,9	94,2	79,3	63,0	102,0	72,9	37,7	117,0	123,9	0,0	72,9
Brejo do Cruz	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	18,9	18,9	18,9	25,8	18,9	18,9	27,7	0,0	18,9	0,0	0,0	18,9	18,9	26,1	28,3
Brejo dos Santos	76,5	0,0	56,9	16,7	65,8	26,4	69,7	90,1	0,0	0,0	76,4	19,5	101,0	37,7	53,6	74,0	53,4	50,7	57,5	66,4
Cajazeirinhas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	9,4	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	9,4
Catolé do Rocha	0,0	0,0	0,0	40,8	111,0	30,1	86,7	136,0	59,4	80,5	76,0	58,9	44,8	83,3	53,0	19,5	99,0	103,0	0,0	54,7
Condado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	9,4
Coremas	60,9	16,7	40,8	0,0	97,3	10,9	100,0	121,0	38,1	15,5	108,0	37,5	83,9	69,1	31,2	58,1	84,8	82,2	41,6	95,6
Jericó	0,0	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	0,0
Lagoa	125,0	65,8	111,0	97,3	0,0	89,0	29,6	24,2	62,9	66,1	37,3	58,5	69,8	30,3	85,1	92,6	14,2	61,3	108,9	58,6
Malta	0,0	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	9,4
Mato Grosso	50,0	26,4	30,1	10,9	89,0	0,0	91,9	113,0	29,9	50,9	99,6	29,3	72,7	60,8	22,9	47,3	76,5	73,9	30,9	82,6
POMBAL	9,4	18,9	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,4	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	35,5	0,0
Riacho dos Cavalos	104,8	68,7	86,7	100,0	29,6	91,9	0,0	53,6	65,8	69,0	10,6	61,4	44,9	33,2	87,9	70,8	16,3	64,2	85,5	32,0
São Bento	0,0	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	0,0
São Bentinho	150,0	90,1	136,0	121,0	24,2	113,0	53,6	0,0	87,0	90,1	61,3	82,6	93,8	54,4	109,0	117,0	38,3	85,4	128,9	82,7
São Domingos	0,0	25,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	9,4
São José do Brejo do Cruz	79,9	0,0	59,4	38,1	62,9	29,9	65,8	87,0	0,0	24,0	73,5	3,2	47,0	34,8	25,9	76,7	50,5	47,8	60,2	63,5
Vista Serrana	0,0	18,9	0,0	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	9,4
Belém do Brejo do Cruz	100,9	0,0	80,5	15,5	66,1	50,9	69,0	90,1	24,0	0,0	76,7	19,7	67,3	37,9	46,2	97,4	53,6	51,0	81,0	66,4
Bom Sucesso	9,4	18,9	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,4	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	35,5	0,0
Brejo do Cruz	94,2	76,4	76,0	108,0	37,3	99,6	10,6	61,3	73,5	76,7	0,0	69,1	34,3	40,9	95,6	60,1	24,0	71,9	76,5	21,3
Brejo dos Santos	8,8	27,7	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	0,0	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	34,9	18,2
Cajazeirinhas	79,3	19,5	58,9	37,5	58,5	29,3	61,4	82,6	3,2	19,7	69,1	0,0	71,5	30,4	25,3	59,5	46,1	43,5	59,6	61,2
Catolé do Rocha	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	9,4	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	9,4
Condado	63,0	101,0	44,8	83,9	69,8	72,7	44,9	93,8	47,0	67,3	34,3	71,5	0,0	41,6	97,5	25,8	59,4	72,6	42,1	13,0
Coremas	0,0	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	9,4
Jericó	102,0	37,7	83,3	69,1	30,3	60,8	33,2	54,4	34,8	37,9	40,9	30,4	41,6	0,0	55,9	63,9	17,8	33,0	79,9	30,8
Lagoa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	9,4
Malta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	9,4
Mato Grosso	72,9	53,6	53,0	31,2	85,1	22,9	87,9	109,0	25,9	46,2	95,6	25,3	97,5	55,9	0,0	70,2	72,6	70,0	53,7	87,7
POMBAL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	9,4	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	9,4
Riacho dos Cavalos	0,0	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	0,0
São Bento	37,7	74,0	19,5	58,1	92,6	47,3	70,8	117,0	76,7	97,4	60,1	59,5	25,8	63,9	70,2	0,0	80,1	94,9	16,7	38,8
São Bentinho	0,0	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	0,0
São Domingos	117,0	53,4	99,0	84,8	14,2	76,5	16,3	38,3	50,5	53,6	24,0	46,1	59,4	17,8	72,6	80,1	0,0	48,8	95,9	45,4
São José do Brejo do Cruz	0,0	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	9,4
Vista Serrana	123,9	50,7	103,0	82,2	61,3	73,9	64,2	85,4	47,8	51,0	71,9	43,5	72,6	33,0	70,0	94,9	48,8	0,0	103,9	61,8
Belém do Brejo do Cruz	25,4	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1	35,5	26,1	26,1	26,1	35,5	34,9	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1	0,0	35,5
Bom Sucesso	0,0	57,5	0,0	41,6	108,9	30,9	85,5	128,9	60,2	81,0	76,5	59,6	42,1	79,9	53,7	16,7	95,9	103,9	0,0	51,9
Brejo do Cruz	9,4	28,3	9,4	9,4	0,0	9,4	0,0	0,0	9,4	9,4	0,0	18,2	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	0,0	9,4	35,5
Brejo dos Santos	72,9	66,4	54,7	95,6	58,6	82,6	32,0	82,7	63,5	66,6	21,3	61,2	13,0	30,8	87,7	38,8	45,4	61,8	51,9	0,0

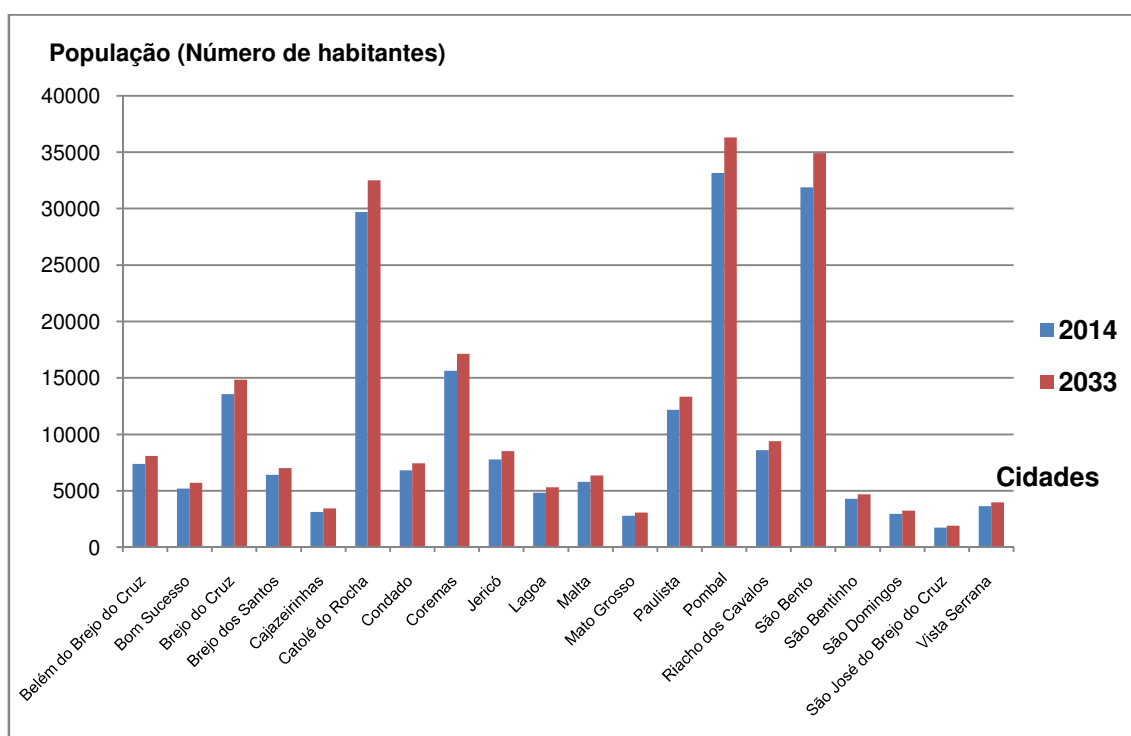
Trecho Severo

Trecho Rodoviário

## 5.2 Estimativa do crescimento populacional dos municípios do CODEMP

No GRAF.1 estão apresentadas as estimativas das populações dos municípios do CODEMP considerando o início (2014) e o fim (2033) dos 20 anos de vida útil previstos para o aterro sanitário. Informações mais detalhadas sobre o crescimento populacional estão apresentadas no APÊNDICE 1.

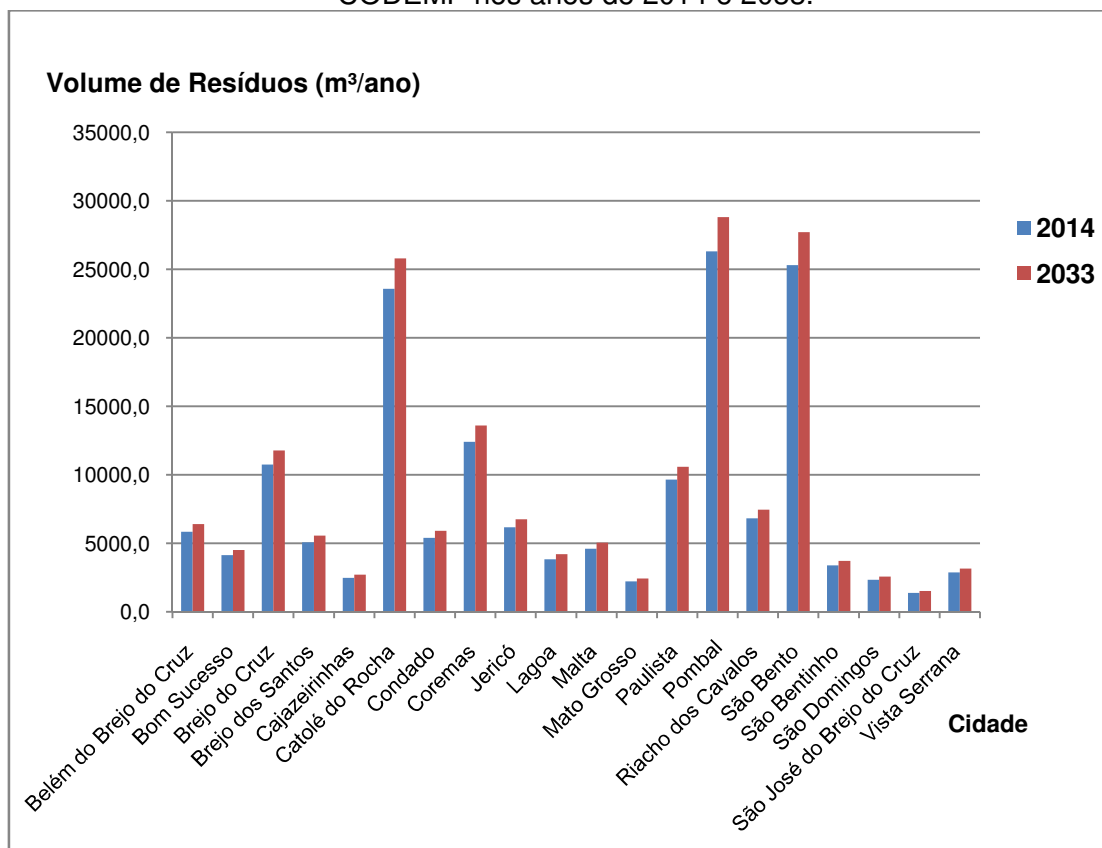
Gráfico 1 - Estimativa da população dos municípios do CODEMP nos anos de 2014 e 2033.



Com base no GRAF.1, nota-se que as cidades de Catolé do Rocha, Pombal e São Bento são as que mais se destacam no número de habitantes do CODEMP. Como consequência, estima-se que nesses três municípios ocorrerão as maiores gerações de resíduos sólidos do CODEMP durante a vida útil do aterro sanitário.

### 5.3 Volume de resíduos sólidos dos municípios do CODEMP

Gráfico 2 - Estimativa do volume de resíduos sólidos gerados nos municípios do CODEMP nos anos de 2014 e 2033.



O aumento no volume de resíduos sólidos ocorre principalmente de acordo com o crescimento populacional dos municípios (Monteiro et al., 2001). No GRAF. 2 apresenta-se um comparativo das estimativas de volumes de resíduos ( $m^3/ano$ ) nos anos de 2014 e 2033 para cada município do CODEMP. Nota-se que menos da metade das cidades geram menos de 5.000  $m^3/ano$ , enquanto que as cidades de Catolé do Rocha, Pombal e São Bento se diferenciam, pois no ano de 2033 estima-se um volume de mais de 25.000  $m^3/ano$ , isto é, cerca de cinco vezes mais que os municípios de Bom Sucesso, Malta, Lagoa e outros.

As informações sobre as estimativas de volume de resíduos de cada cidade durante a vida útil projetada para o aterro sanitário estão disponíveis no APÊNDICE 2.

## 5.4 Veículos e Número de Viagens

O tipo de veículo adotado para este estudo é de acordo com a geração de resíduos ao longo dos 20 anos do CODEMP. Todos os municípios carecem de apenas um caminhão, ou seja, vinte caminhões para todo o projeto no qual foi considerado uma vida útil de seis anos. A maioria das cidades foi mantida durante a vida útil do projeto com o mesmo tipo de caminhão, com exceção da cidade de Bom Sucesso, que no ano 2025 precisou alterar o caminhão tipo Atron 2324 para o Atron 2729 em razão do aumento do volume de resíduos. As informações dos tipos de veículos para todos os municípios estão apresentadas no APÊNDICE 3.

Os custos fixos e variáveis diários foram calculados conforme a metodologia deste trabalho e estão mostrados na TAB. 8, em função do tipo de veículo e trecho rodoviário.

Tabela 8 - Custos diários por caminhão e tipo de trecho.

<b>Custos Fixos Diários (R\$/dia)</b>	<b>ATRON 1319</b>	<b>ATRON 2324</b>	<b>ATRON 2729</b>
Remuneração do Capital Empatado	63,73	81,85	97,13
Salário do Motorista	76,52	76,52	76,52
Oficina	16,34	16,34	16,34
Reposição do Veículo	52,73	67,12	78,36
Reposição do Equipamento	10,84	13,01	18,22
Licenciamento	4,87	6,12	6,97
Lavagem e graxas	6,25	6,25	6,25
<b>Total</b>	<b>231,28</b>	<b>267,21</b>	<b>299,79</b>
<b>Custos Variáveis Diários: Trecho Severo (R\$/km.dia)</b>			
Peças, acessórios e material de manutenção	0,02	0,03	0,03
Combustível	0,61	0,65	0,74
Lubrificantes	0,04	0,04	0,04
Pneus e recauchutagens	0,1	0,16	0,16
<b>Total</b>	<b>0,77</b>	<b>0,88</b>	<b>0,97</b>
<b>Custos Variáveis Diários: Trecho Rodoviário (R\$/km.dia)</b>			
Peças, acessórios e material de manutenção	0,01	0,01	0,02
Combustível	0,54	0,55	0,64
Lubrificantes	0,02	0,02	0,02
Pneus e recauchutagens	0,1	0,16	0,16
<b>Total</b>	<b>0,67</b>	<b>0,74</b>	<b>0,84</b>

Os números de viagens para os veículos de cada município do CODEMP, valor independente da cidade sede escolhida para localização do aterro sanitário, podem ser observados na TAB. 9 para o período de 2014 a 2033.



Tabela 9 - Número de viagens por dia dos municípios para cidade de Pombal – PB.

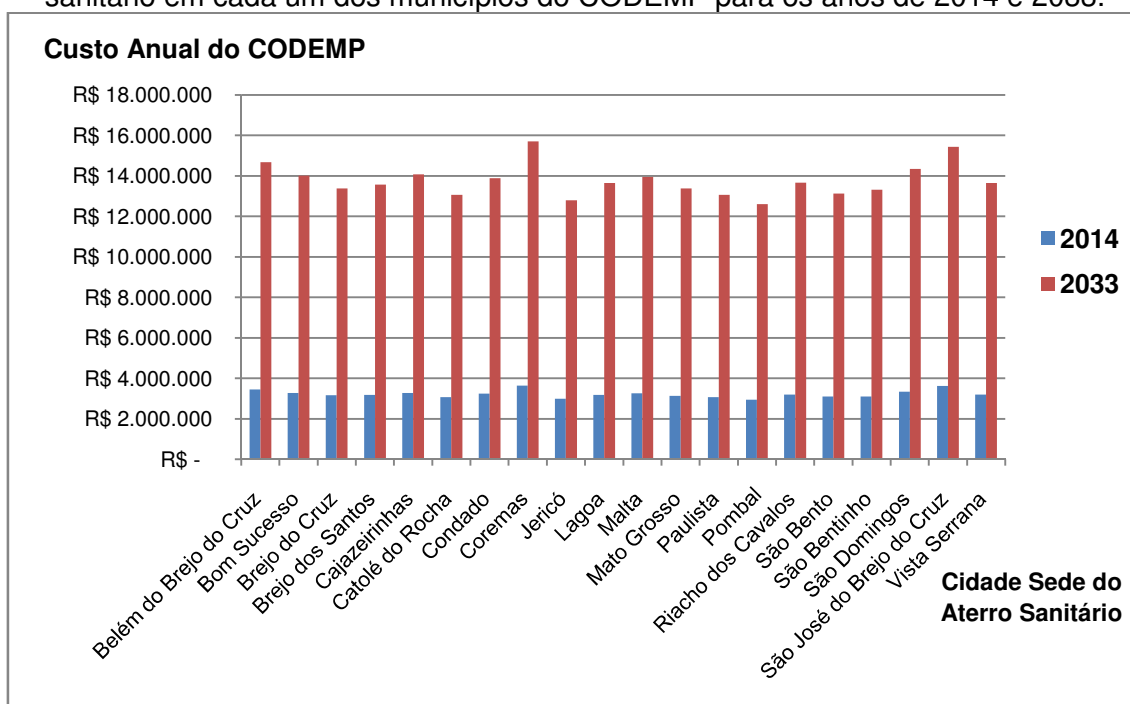
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Belém do Brejo do Cruz	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bom Sucesso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Brejo do Cruz	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Brejo dos Santos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cajazeirinhas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Catolé do Rocha	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Condado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Coremas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Jericó	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lagoa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Malta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mato Grosso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Paulista	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Pombal	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Riacho dos Cavalos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
São Bento	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
São Bentinho	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
São Domingos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
São José do Brejo do Cruz	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vista Serrana	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Como pôde ser observado na TAB. 9, o número de viagens se manteve constante na maioria das cidades, isto porque o aumento na geração de resíduos não foi suficiente para acrescentar uma nova viagem. A exceção foi a cidade de São Bento, que no ano de 2020 passou de três para quatro viagens. Neste caso, como a cidade de São Bento está a 63,9 km (TAB. 7) da cidade de Pombal - PB, multiplicando-se essa distância por oito (viagem de ida e volta), obtêm-se 511,2 km por dia. Considerando que a velocidade média do caminhão seja 70 Km/h, o tempo necessário para percorrer essas viagens é de 7,3 horas, sem contar com tempo de carregamento e descarga dos resíduos. Deste modo, o mais indicado para a cidade de São Bento é que no ano de 2020 seja acrescentado mais um caminhão para auxiliar no transporte dos resíduos do município.

### 5.5 Custos anuais de transportes para instalação do aterro sanitário em cada um dos municípios do CODEMP

No GRAF.3, apresentam-se os custos que foram obtidos pelo modelo de simulação considerando as alternativas de instalação do aterro sanitário em cada um dos municípios do CODEMP para os anos de 2014 e 2033.

Gráfico 3 - Custos anuais considerando as alternativas de instalação do aterro sanitário em cada um dos municípios do CODEMP para os anos de 2014 e 2033.



Como se pôde observar, estima-se que haverá um aumento considerável dos custos no final da vida útil do aterro sanitário do CODEMP. Este aumento é razoável, já que os custos são corrigidos com o passar do tempo pelo INCTF. A instalação do aterro nos municípios localizados nas extremidades da área que abrange o CODEMP (FIG. 2) apresentou os maiores custos, como, por exemplo, as cidades de Belém do Brejo do Cruz, Coremas, São Domingos e São José do Brejo do Cruz, que ultrapassaram os 14 milhões de reais no ano de 2033. Este resultado era esperado, uma vez que são as cidades mais distantes do centro da malha de localização dos municípios do CODEMP.

Para melhor visualizar as diferenças referentes aos custos do projeto de município para município, no APÊNDICE4 são apresentados os custos diários (R\$/dia) referentes ao ano de 2014 caso qualquer município seja selecionado para sede do projeto. Analisando os dois extremos, Pombal, com um custo diário de R\$ 8.064,85, e Coremas, com um custo diário de R\$ 9.986,64, encontrou-se uma diferença de R\$ 1921,79, ou seja, caso Pombal seja a escolhida, em vez do município de Coremas, estima-se uma economia de R\$ 1921,79 por dia.

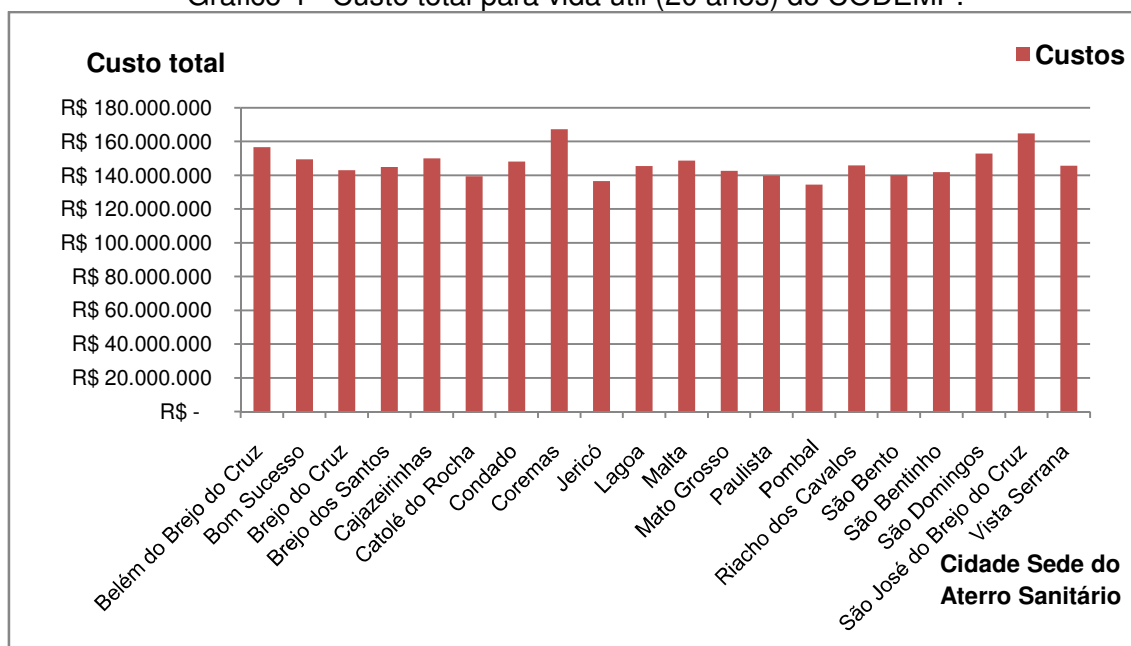
## 5.6 Custos totais de transportes para instalação do aterro sanitário em cada um dos municípios do CODEMP

Os custos de transporte que englobam os 20 anos de funcionamento do aterro sanitário do CODEMP estão representados por município no GRAF. 4, ou seja, os gastos para todo sistema caso fosse escolhido uma das cidades do CODEMP.

Observa-se que os custos de transporte de resíduos sólidos são bastante elevados e que, portanto, é muito importante que os projetos consorciados sejam analisados holisticamente, a fim de se obter as melhores alternativas e, conseqüentemente, a otimização dos gastos para o sistema.

Como pode ser observado no GRAF. 4, a escolha das cidades de Coremas e São José do Brejo do Cruz para localização do aterro sanitário foram as que mais oneraram o sistema, pois ultrapassam os R\$ 160 milhões durante a vida útil do CODEMP. Já para as cidades de Pombal e Jericó, os valores foram abaixo dos R\$ 140 milhões. Portanto, considerando as condições de realização deste estudo, principalmente o parâmetro custo de transporte, essas cidades são as melhores opções para implantação do aterro sanitário, já que se apresentam como as alternativas que promovem os menores gastos para o consórcio.

Gráfico 4 - Custo total para vida útil (20 anos) do CODEMP.



As informações contidas no GRAF. 4 podem ser mais claramente observadas na TAB. 10, que apresenta o *ranking* dos melhores municípios para implantação do aterro sanitário em ordem decrescente, sob o ponto de vista dos custos de transporte de resíduos.

Observa-se na TAB. 10 que, para a implantação do aterro sanitário do CODEMP, o município que apresenta os menores custos em relação às demais é o município de Pombal, e a escolha menos interessante a ser feita é o município de Coremas, com a diferença entre os custos de quase R\$ 33 milhões. A cidade de Jericó se mostra uma alternativa atraente, visto que, a diferença de custo quando comparado com Pombal é de R\$ 2,1 milhões para a vida útil do aterro.

A lista mostrada na TAB. 10 pode ser interpretada como uma sequência de melhores alternativas do ponto de vista de custo de transportes de resíduos, podendo ser usada, juntamente com outros critérios, como suporte na escolha da melhor localização do aterro sanitário do CODEMP.

Tabela 10 - Ranking dos melhores municípios no aspecto econômico para implantação do aterro sanitário do CODEMP.

	<b>Município</b>	<b>Custo total</b>	<b>Diferença em relação a Pombal</b>
1	Pombal	R\$134.418.347,53	R\$ -
2	Jericó	R\$136.507.165,28	R\$ 2.088.817,75
3	Catolé do Rocha	R\$139.431.553,51	R\$ 5.013.205,98
4	Paulista	R\$139.507.830,25	R\$ 5.089.482,72
5	São Bento	R\$140.194.383,00	R\$ 5.776.035,47
6	São Bentinho	R\$141.915.285,02	R\$ 7.496.937,49
7	Mato Grosso	R\$142.708.537,68	R\$ 8.290.190,15
8	Brejo do Cruz	R\$142.955.173,77	R\$ 8.536.826,24
9	Brejo dos Santos	R\$144.880.317,04	R\$ 10.461.969,51
10	Lagoa	R\$145.549.464,85	R\$ 11.131.117,32
11	Vista Serrana	R\$145.646.388,56	R\$ 11.228.041,03
12	Riacho dos Cavalos	R\$145.836.144,23	R\$ 11.417.796,70
13	Condado	R\$148.053.461,97	R\$ 13.635.114,44
14	Malta	R\$148.697.593,52	R\$ 14.279.245,99
15	Bom Sucesso	R\$149.523.219,64	R\$ 15.104.872,11
16	Cajazeirinhas	R\$149.950.833,61	R\$ 15.532.486,08
17	São Domingos	R\$152.913.278,34	R\$ 18.494.930,81
18	Belém do Brejo do Cruz	R\$156.694.705,83	R\$ 22.276.358,30
19	São José do Brejo do Cruz	R\$164.808.075,27	R\$ 30.389.727,74
20	Coremas	R\$167.319.838,88	R\$ 32.901.491,35

## 6 CONCLUSÕES

Nesta monografia foi realizada uma análise logística no que trata dos custos de transporte, para verificar qual é o município com o maior potencial para sede do aterro sanitário do Consórcio de Desenvolvimento Sustentável do Médio Piranhas – PB (CODEMP).

Verificou-se que a malha de estradas entre os municípios do CODEMP é adequada, com a maior parte dos trechos encontrando-se em condições rodoviárias. Observou-se também, por meio das estimativas de populações e da geração *per capita* de resíduos, que nos municípios de Pombal, São Bento e Catolé do Rocha provavelmente ocorrerão as maiores gerações de resíduos durante a vida útil do aterro sanitário previsto para o CODEMP.

Percebeu-se que os custos envolvidos no transporte de resíduos entre os municípios do CODEMP podem alcançar valores bastante significativos, sendo de extrema importância observar as melhores alternativas para localização do aterro sanitário de forma que se tenham os menores custos para todo o sistema e, conseqüentemente, para que se promova o uso inteligente dos recursos públicos.

A principal contribuição deste trabalho foi o estabelecimento de um *ranking* com a sequência ótima de municípios para a instalação do aterro sanitário de forma que minimizasse os custos gerais com o transporte dos resíduos dos municípios do CODEMP. Com base nos resultados obtidos, observou-se que a instalação do aterro sanitário no município de Pombal é a melhor alternativa para minimização dos gastos com os transportes de resíduos, sendo a cidade de Jericó a segunda melhor opção. A alternativa mais onerosa para localização do aterro sanitário, do ponto de vista logístico, seria a cidade de Coremas. Além da redução com os custos de transportes, sabe-se que a localização ótima de um aterro sanitário deve ser baseada em outros aspectos, como critérios técnicos, sociais e ecológicas. Desta forma, espera-se que as informações obtidas neste estudo sirvam como suporte para decidir sobre a localização ótima do aterro sanitário do CODEMP.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 10.004 (2004)** - Resíduos Sólidos - Classificação. São Paulo/SP, 71 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 13221 (2003)** - Transporte terrestre de resíduos. Rio de Janeiro, 4p.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível

em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html/>>.

Acesso em 14 de novembro de 2013.

ALAM, R.; CHOWDHURY, M. A. I.; HASAN, G. M. J.; KARANJIT, B., & SHRESTHA, L. R. **generation, storage, collection and transportation of municipal solid waste--a case study in the city of Kathmandu, capital of Nepal. Waste Management.** New York, NY: 2006. 10p.

ARAÚJO, M. P. M. **Serviço de limpeza urbana à luz da lei do saneamento básico: regulação jurídica e concessão da disposição final de lixo.** Belo Horizonte, MG: Fórum, 2008. 442p.

BRASIL. Presidência da República. **Lei Nº 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 02 de agosto de 2010.

CALIJURI, M do C.; CUNHA, D. G. F. **Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão.** Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2013. 789p.

ARRUDA, A. C. R. **Análise dos Preços dos Serviços de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) praticados pelos municípios das regiões Sudeste e Sul do Brasil,** 2012. 17p.

Carrocerias Trucar: Disponível em: <<http://www.trucar.com.br/>>. Acesso em 03 de janeiro de 2014.

CHASTALO, A. L.; KAPP, C. J.; MEIRA, S. G. **Estudo de Caso dos Custos no Transporte Rodoviário e Formação do Valor de Frete.** Ponta Grossa, 2013. 9p.

CODEMP- **Consórcio de Desenvolvimento Sustentável do Médio Piranhas. ASMEPI- Associação dos Municípios do Médio Piranhas.** Unidade de Destinação de Resíduos Sólidos Urbanos e Disposição Final de Rejeitos. Acervo Permanente da Prefeitura Municipal de Pombal - PB. Pombal, 2012. 68p.

Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº18/1986.** 6 de maio de 1986 - Publicada no D.O.U 17 jun. 1986, Seção 1, pág. 1.

DECOPE - Departamento de Custos Operacionais. **Manual de Cálculo de Custos e Formação de Preços do Transporte Rodoviário de Cargas**. 2001. 84p.

DER - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://www.der.pb.gov.br/>>. Acesso em 20 de dezembro de 2013.

DETRAN - Departamento Estadual de Trânsito da Paraíba. Disponível em: <<http://www.detran.pb.gov.br/>>. Acesso em 05 de fevereiro de 2014.

DPVAT - Seguros por Danos Pessoais causados por Veículos Automotores. Disponível em: <<http://www.dpvatsegurodotransito.com.br/>>. Acesso em 06 de fevereiro de 2014.

ELK, A. G. H. P. V. **Redução de emissões na disposição final**. Coordenação de Karin Segala; Rio de Janeiro: IBAM, 2007. 40 P.

FIPE - Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas. Disponível em: <<http://www.fipec.org.br/>>. Acesso em 05 de fevereiro de 2014.

Google Maps. Disponível em: <<https://maps.google.com.br/>>. Acesso em 24 de dezembro 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 20 de dezembro de 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pb>>. Acesso em 20 de dezembro de 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php> - população ibge 2010>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável Brasil 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 443 p. ISBN 978-85-240-4133-4.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 219 p. ISBN 978-85-240-4135-8.

LINO, F. A. M., ISMAIL, K. A. R. **Energy and environmental potential of solid waste in Brazil**. Elsevier, 2011. 7p.

Mercedes Benz: Disponível em: <<http://www.mercedes-benz.com.br/>>. Acesso em 27 de novembro de 2013.

MONTEIRO, J. H. P. [et al.],. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos** / José Henrique Penido Monteiro...[et al.]; coordenação técnica Victor ZularZveibil; elaborado pelo IBAM- Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MONTEIRO, M. J. **Logística Reversa: Uma Proposta de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos nos Setores Comerciais**. 162 f. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

NOÉ, J. R. **Avaliação da área do lixão para instalação de aterro sanitário consorciado no município de Pombal-PB utilizando SIG livre**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB, 2013.

NR 15, de 06 de julho de 1978. **Atividades e Operações Insalubres**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 06 de julho de 1978.

PORTO, R. L. L. **Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos**. Porto Alegre, RS: Editora da UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2002. 419p.

ReCESA- **Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. Esgotamento sanitário: Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos: guia do profissional em treinamento: nível 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.)**. – Belo Horizonte - MG, 2008.

REIS, M. L. [et al.]. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2011**; coordenação técnica Elizamar Pereira do Nascimento; elaborado pelo SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Brasília, 2013.

SETCEPB - Sindicato das Empresas de Transporte de Cargas do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://www.setcepb.com.br/>>. Acesso em 06 de fevereiro de 2014.



# APÊNDICES

**APÊNDICE 1 - Estimativa do crescimento populacional dos municípios do CODEMP (hab.).**

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
<b>Belém do Brejo do Cruz</b>	7376	7429	7480	7529	7576	7621	7664	7705	7745	7783	7819	7853	7885	7915	7943	7970	7996	8023	8050	8077
<b>Bom Sucesso</b>	5199	5237	5273	5307	5340	5372	5402	5431	5459	5486	5511	5535	5558	5579	5599	5618	5637	5655	5674	5693
<b>Brejo do Cruz</b>	13551	13649	13742	13832	13918	14001	14080	14156	14229	14298	14364	14427	14486	14541	14593	14642	14691	14740	14789	14838
<b>Brejo dos Santos</b>	6400	6446	6490	6533	6574	6613	6650	6686	6720	6753	6784	6814	6842	6868	6892	6915	6938	6962	6985	7008
<b>Cajazeirinhas</b>	3132	3154	3176	3197	3217	3236	3254	3272	3289	3305	3320	3334	3348	3361	3373	3384	3395	3407	3418	3429
<b>Catolé do Rocha</b>	29698	29911	30116	30313	30502	30683	30857	31024	31183	31335	31479	31616	31745	31867	31981	32088	32195	32302	32410	32518
<b>Condado</b>	6799	6848	6895	6940	6983	7024	7064	7102	7139	7174	7207	7238	7268	7296	7322	7346	7371	7395	7420	7445
<b>Coremas</b>	15643	15756	15864	15967	16067	16163	16254	16342	16426	16506	16582	16654	16722	16786	16846	16902	16959	17015	17072	17129
<b>Jericó</b>	7784	7840	7894	7945	7995	8042	8088	8132	8173	8213	8251	8287	8321	8353	8383	8411	8439	8467	8495	8523
<b>Lagoa</b>	4834	4868	4902	4934	4965	4994	5022	5050	5076	5100	5124	5146	5167	5187	5205	5223	5240	5258	5275	5293
<b>Malta</b>	5796	5838	5878	5916	5953	5989	6022	6055	6086	6116	6144	6171	6196	6220	6242	6263	6284	6305	6326	6347
<b>Mato Grosso</b>	2790	2810	2829	2848	2866	2883	2899	2915	2930	2944	2958	2970	2983	2994	3005	3015	3025	3035	3045	3055
<b>Paulista</b>	12173	12260	12344	12425	12502	12577	12648	12716	12782	12844	12903	12959	13012	13062	13109	13152	13196	13240	13284	13329
<b>Pombal</b>	33158	33396	33625	33845	34056	34258	34452	34639	34817	34986	35147	35300	35444	35580	35708	35827	35946	36066	36186	36307
<b>Riacho dos Cavalos</b>	8585	8647	8706	8763	8818	8870	8921	8969	9015	9059	9100	9140	9177	9213	9246	9276	9307	9338	9369	9401
<b>São Bento</b>	31887	32116	32336	32547	32750	32945	33132	33311	33482	33645	33800	33947	34086	34216	34339	34453	34568	34683	34799	34915
<b>São Bentinho</b>	4273	4304	4333	4362	4389	4415	4440	4464	4487	4509	4529	4549	4568	4585	4602	4617	4632	4648	4663	4679
<b>São Domingos</b>	2948	2969	2990	3009	3028	3046	3063	3080	3096	3111	3125	3139	3151	3164	3175	3185	3196	3207	3217	3228
<b>São José do Brejo do</b>	1739	1751	1763	1775	1786	1797	1807	1817	1826	1835	1843	1851	1859	1866	1873	1879	1885	1891	1898	1904
<b>Vista Serrana</b>	3627	3653	3678	3702	3725	3747	3768	3789	3808	3827	3844	3861	3877	3892	3905	3919	3932	3945	3958	3971

## APÊNDICE 2- Volume de resíduos sólidos dos municípios do CODEMP (m³).

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	TOTAL
Belém do Brejo do Cruz	5852,7	5894,8	5935,2	5974,1	6011,4	6047,1	6081,2	6113,8	6145,5	6175,6	6204,2	6231,2	6256,6	6280,4	6302,6	6324,0	6344,7	6366,1	6387,5	6408,9	123337,5
Bom Sucesso	4125,3	4155,4	4184,0	4211,0	4237,2	4262,6	4286,4	4309,4	4331,6	4353,0	4372,9	4391,9	4410,2	4426,8	4442,7	4457,8	4472,8	4487,1	4502,2	4517,3	86937,4
Brejo do Cruz	10752,4	10830,2	10904,0	10975,4	11043,6	11109,5	11172,2	11232,5	11290,4	11345,2	11397,5	11447,5	11494,3	11538,0	11579,2	11618,1	11657,0	11695,9	11734,8	11773,6	226591,2
Brejo dos Santos	5078,3	5114,8	5149,7	5183,8	5216,3	5247,3	5276,6	5305,2	5332,2	5358,4	5383,0	5406,8	5429,0	5449,6	5468,7	5486,9	5505,2	5524,2	5542,4	5560,7	107018,8
Cajazeirinhas	2485,2	2502,6	2520,1	2536,8	2552,6	2567,7	2582,0	2596,3	2609,8	2622,4	2634,3	2645,5	2656,6	2666,9	2676,4	2685,1	2693,9	2703,4	2712,1	2720,8	52370,4
Catolé do Rocha	23564,7	23733,7	23896,4	24052,7	24202,7	24346,3	24484,4	24616,9	24743,0	24863,6	24977,9	25086,6	25189,0	25285,8	25376,2	25461,1	25546,0	25630,9	25716,6	25802,3	496576,9
Condado	5394,9	5433,7	5471,0	5506,7	5540,9	5573,4	5605,1	5635,3	5664,6	5692,4	5718,6	5743,2	5767,0	5789,2	5809,8	5828,9	5848,7	5867,8	5887,6	5907,4	113686,4
Coremas	12412,4	12502,0	12587,7	12669,5	12748,8	12825,0	12897,2	12967,0	13033,7	13097,2	13157,5	13214,6	13268,5	13319,3	13366,9	13411,4	13456,6	13501,0	13546,3	13591,5	261574,1
Jericó	6176,4	6220,9	6263,7	6304,2	6343,9	6381,2	6417,7	6452,6	6485,1	6516,8	6547,0	6575,6	6602,5	6627,9	6651,7	6673,9	6696,2	6718,4	6740,6	6762,8	130159,0
Lagoa	3835,7	3862,7	3889,6	3915,0	3939,6	3962,6	3984,8	4007,1	4027,7	4046,7	4065,8	4083,2	4099,9	4115,8	4130,1	4144,3	4157,8	4172,1	4185,6	4199,9	80826,1
Malta	4599,0	4632,3	4664,1	4694,2	4723,6	4752,1	4778,3	4804,5	4829,1	4852,9	4875,1	4896,6	4916,4	4935,4	4952,9	4969,6	4986,2	5002,9	5019,5	5036,2	96921,0
Mato Grosso	2213,8	2229,7	2244,8	2259,8	2274,1	2287,6	2300,3	2313,0	2324,9	2336,0	2347,1	2356,6	2366,9	2375,7	2384,4	2392,3	2400,3	2408,2	2416,1	2424,1	46655,7
Paulista	9659,0	9728,0	9794,7	9859,0	9920,1	9979,6	10035,9	10089,9	10142,2	10191,4	10238,3	10282,7	10324,7	10364,4	10401,7	10435,8	10470,7	10505,7	10540,6	10576,3	203540,7
Pombal	26310,2	26499,0	26680,7	26855,3	27022,7	27183,0	27336,9	27485,3	27626,5	27760,6	27888,4	28009,8	28124,0	28232,0	28333,5	28427,9	28522,4	28617,6	28712,8	28808,8	554437,4
Riacho dos Cavalos	6812,0	6861,2	6908,0	6953,3	6996,9	7038,2	7078,6	7116,7	7153,2	7188,1	7220,7	7252,4	7281,8	7310,3	7336,5	7360,3	7384,9	7409,5	7434,1	7459,5	143556,1
São Bento	25301,6	25483,3	25657,9	25825,3	25986,4	26141,1	26289,5	26431,6	26567,2	26696,6	26819,6	26936,2	27046,5	27149,7	27247,3	27337,7	27429,0	27520,2	27612,3	27704,3	533183,3
São Bentinho	3390,5	3415,1	3438,1	3461,2	3482,6	3503,2	3523,0	3542,1	3560,3	3577,8	3593,7	3609,5	3624,6	3638,1	3651,6	3663,5	3675,4	3688,1	3700,0	3712,7	71451,1
São Domingos	2339,2	2355,8	2372,5	2387,6	2402,7	2416,9	2430,4	2443,9	2456,6	2468,5	2479,6	2490,7	2500,3	2510,6	2519,3	2527,2	2536,0	2544,7	2552,6	2561,3	49296,4
São José do Brejo do Cruz	1379,9	1389,4	1398,9	1408,4	1417,2	1425,9	1433,8	1441,8	1448,9	1456,0	1462,4	1468,7	1475,1	1480,6	1486,2	1490,9	1495,7	1500,5	1506,0	1510,8	29077,0
Vista Serrana	2877,9	2898,6	2918,4	2937,5	2955,7	2973,2	2989,8	3006,5	3021,6	3036,6	3050,1	3063,6	3076,3	3088,2	3098,5	3109,6	3120,0	3130,3	3140,6	3150,9	60644,0
<b>TOTAL/ANO</b>	164561,0	165743,3	166879,6	167970,6	169018,8	170023,3	170984,3	171911,0	172794,2	173636,1	174433,5	175192,9	175910,2	176584,6	177216,2	177806,6	178399,3	178994,4	179590,3	180190,2	<b>3467840,4</b>



## APÊNDICE 4 – Custos de transporte no ano de 2014 (R\$/dia).

	Belém do B. do Cruz	Bom Sucesso	Brejo do Cruz	Brejo dos Santos	Cajazeirinhas	Catolé do Rocha	Condado	Coremas	Jericó	Lagoa	Malta	Mato Grosso	Paulista	Pombal	Riacho dos Cavalos	São Bento	São Bentinho	São Domingos	São J. do Brejo do Cruz	Vista Serrana
Belém do Brejo do Cruz	308,19	428,28	333,21	402,08	509,74	383,77	494,19	551,73	433,99	469,26	476,38	450,19	405,60	471,11	422,23	363,11	496,30	507,89	349,45	440,61
Bom Sucesso	381,29	274,68	352,07	292,12	398,62	339,87	402,94	434,85	312,65	300,50	414,42	345,07	417,82	356,72	347,14	377,56	380,13	376,10	398,92	416,07
Brejo do Cruz	366,64	490,93	316,58	436,84	672,66	400,90	627,79	756,64	499,33	570,20	591,84	532,05	450,28	579,61	477,83	365,29	632,35	645,79	401,84	520,29
Brejo dos Santos	402,08	327,84	368,32	308,19	463,21	318,10	467,75	503,02	363,78	362,77	481,19	379,98	440,71	415,85	352,19	397,37	442,22	437,85	420,69	478,74
Cajazeirinhas	453,61	398,62	432,74	412,31	274,68	399,93	311,36	303,31	361,01	365,78	322,84	369,95	371,30	312,40	394,12	405,30	288,39	358,63	475,56	354,60
Catolé do Rocha	551,73	543,66	451,46	354,71	748,24	324,98	762,85	869,17	450,45	556,26	801,65	499,04	666,11	606,15	415,18	538,12	685,26	672,16	608,56	771,12
Condado	494,19	452,13	463,79	467,75	349,51	454,14	308,19	389,82	410,31	415,68	317,59	420,12	393,58	355,55	447,43	437,08	327,17	407,62	512,80	353,54
Coremas	803,67	676,35	756,64	706,25	381,08	679,38	479,84	316,58	592,04	602,45	505,71	611,67	614,88	482,53	665,94	692,82	428,45	586,66	834,84	577,59
Jericó	433,99	350,23	399,56	363,78	405,44	350,01	410,31	445,91	308,19	340,10	423,24	322,37	378,73	358,24	343,29	428,61	384,61	380,07	451,93	424,82
Lagoa	417,68	300,50	387,26	323,61	365,78	343,12	370,11	401,57	303,01	274,68	381,59	312,09	367,57	323,73	336,11	412,46	347,14	343,27	433,96	383,08
Malta	476,38	465,06	445,82	481,19	362,44	467,08	317,59	402,75	423,24	428,61	308,19	433,05	375,78	368,48	460,36	419,11	340,10	420,55	497,68	335,56
Mato Grosso	400,96	345,07	370,54	338,63	369,95	326,41	374,27	405,88	287,49	312,09	385,75	274,68	389,33	328,05	320,44	371,44	351,46	347,58	417,55	390,53
Paulista	511,42	639,07	450,28	581,63	534,26	544,00	487,37	614,88	457,67	525,86	451,76	574,38	316,58	439,53	627,31	386,46	499,33	543,67	543,26	380,21
POMBAL	985,07	700,87	859,43	764,03	503,36	708,27	522,84	665,27	533,59	554,42	574,57	572,84	579,27	333,38	675,35	729,09	419,38	521,50	1040,69	580,22
Riacho dos Cavalos	422,23	389,82	388,81	352,19	442,72	338,25	447,43	482,87	343,29	377,39	460,36	359,49	463,55	393,68	308,19	417,70	421,73	417,36	441,01	465,47
São Bento	489,75	672,66	398,05	592,54	766,38	538,12	711,67	889,33	686,26	790,57	657,75	651,21	429,79	621,77	653,51	324,98	703,40	777,97	537,01	550,43
São Bentinho	441,68	380,13	414,84	393,67	288,39	381,29	291,53	324,33	342,52	347,14	303,01	351,46	355,79	293,76	375,48	386,66	274,68	339,99	456,18	334,92
São Domingos	451,97	376,10	420,81	389,79	358,63	377,42	362,95	394,56	338,50	343,27	374,43	347,58	375,48	316,43	371,60	408,73	339,99	274,68	468,11	375,92
São José do Brejo do Cruz	270,39	348,26	271,47	327,03	416,92	312,74	400,13	443,63	351,87	379,65	388,11	364,62	327,70	378,18	343,19	293,77	399,55	410,24	237,96	355,26
Vista Serrana	392,48	416,07	365,34	426,33	354,60	406,94	314,94	390,54	378,46	383,08	298,98	390,53	303,16	329,70	414,55	341,63	334,92	375,92	407,12	274,68
<b>TOTAL (R\$/dia)</b>	<b>9455,40</b>	<b>8976,33</b>	<b>8647,02</b>	<b>8714,67</b>	<b>8966,61</b>	<b>8394,72</b>	<b>8866,05</b>	<b>9986,64</b>	<b>8177,65</b>	<b>8699,76</b>	<b>8919,36</b>	<b>8562,37</b>	<b>8423,01</b>	<b>8064,85</b>	<b>8751,44</b>	<b>8497,29</b>	<b>8496,56</b>	<b>9145,50</b>	<b>9935,12</b>	<b>8763,66</b>