



Gustavo Andrés Araque González

**Planejamento das rotas de coleta de Resíduos Sólidos
Domiciliares especiais por meio de um Sistema de
Informações Geográficas para Transporte**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. José Eugenio Leal.

Rio de Janeiro
Junho de 2015



Gustavo Andrés Araque González

**Planejamento das rotas de coleta de Resíduos Sólidos
Domiciliares especiais por meio de um Sistema de
Informações Geográficas para Transporte**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. José Eugenio Leal

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Hugo Miguel Varela Repolho

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof.^a Vânia Barcellos Gouvêa Campos

Instituto Militar de Engenharia - IME

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 17 de Junho de 2015.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Gustavo Andrés Araque González

Gustavo Andrés Araque González. Gradou-se em Engenharia Industrial pela Pontifícia Universidade Bolivariana de Bucaramanga, Colômbia, em 2010.

Ficha Catalográfica

Araque González, Gustavo Andrés

Planejamento das rotas de coleta de resíduos sólidos domiciliares especiais por meio de um sistema de informações geográficas para transporte / Gustavo Andrés Araque González ; orientador: José Eugênio Leal. – 2015.

160 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2015.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Resíduos sólidos domiciliares. 3. Programa de remoção gratuita. 4. Sistemas de informações geográficas para transporte. 5. Problema de roteirização dos veículos com janela de tempo. I. Leal, José Eugenio. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Ao Senhor Deus Pai todo poderoso, que com sua
divina misericórdia deu a vida pela salvação da
humanidade.

Agradecimentos

A Deus pai celestial, criador, orientador e iluminador da minha vida, onde consegui refúgio nos momentos de desamparo e desproteção e energia nos momentos cansativos e de desesperança.

A minha amada mãe, que com todo o seu carinho e amor me incentivou para chegar até o Brasil e fazer o Mestrado, ampliando meu espírito de trabalhador e estudante na vida. Se hoje tenho este título, dedico a você mãe.

Ao meu amado pai, que com todo seu espírito de força, sangue de estudo, experiência e trabalho, apoiou o presente projeto com seus sábios conhecimentos e conselhos de vida.

A minha amada namorada que graças a sua compreensão, apoio, confiança, respeito e sobretudo amor ficou do meu lado em todos os momentos.

Ao meu orientador Professor Doutor José Eugenio Leal, pelo acompanhamento e apoio recebido e a todos os professores que contribuíram com seu conhecimento neste projeto.

Aos meus amigos e colegas de Mestrado pela ajuda em todas as dificuldades e dúvidas e aos funcionários da Companhia Municipal de Limpeza Urbana-COMLURB pela amizade e acompanhamento.

A PUC-Rio pelo apoio acadêmico durante o período de Mestrado.

A CAPES pelo suporte financeiro durante o período de Mestrado.

Ao Professor Carlos Patrício Samanez, pessoa que fez possível o sonho de chegar ao Brasil. Graças a sua avaliação e confiança consegui desenvolver uma das melhores experiências da minha vida no Mestrado. Obrigado por me permitir acreditar que os sonhos existem.

A todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Resumo

González, Gustavo Andrés Araque; Leal, José Eugenio (Orientador). **Planejamento das rotas de coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares especiais por meio de um Sistema de Informações Geográficas para Transporte**. Rio de Janeiro, 2015.160p. MSc. Dissertação-Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O crescimento da população no mundo inteiro tem gerado nos últimos anos o nascimento de novas economias e o aumento nos níveis de demanda dos produtos. Com os novos perfis dos consumidores e as novas tendências das mercadorias, as empresas estão criando produtos com ciclo de vida curto, aumentando a geração de Resíduos Sólidos Domiciliares nos municípios. Devido ao fenômeno anterior, o número de pontos de coleta nos itinerários dos veículos aumenta, gerando custos e distâncias maiores, diminuindo a produtividade e qualidade do Sistema de Transporte das empresas de limpeza. Nesta dissertação apresenta-se o planejamento das rotas de coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares do Programa de Remoção Gratuita da Companhia Municipal de Limpeza Urbana – COMLURB na zona sul da cidade do Rio de Janeiro, como método de apoio na logística de transporte do sistema de limpeza da cidade. Para tal objetivo, utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica para Transporte (SIG-T) TransCAD versão 5.0 Academic Licence com a aplicação do Problema de Roteirização dos Veículos com Janela de Tempo (PRVJT). Os resultados obtidos nas análises reduziram a distância total executada pelos veículos em 30,34%, demonstrando a importância da metodologia em problemas de transporte reais.

Palavras-Chaves

Resíduos Sólidos Domiciliares; Programa de Remoção Gratuita; Sistemas de Informações Geográficas para Transporte; Problema de Roteirização dos Veículos com Janela de Tempo.

Abstract

González, Gustavo Andrés Araque; Leal, José Eugenio (Advisor).
Planning of special Solid Household Waste collection through the use of Transport Geographic Information System . Rio de Janeiro, 2015. 160p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Population growth worldwide has generated in recent years the emergence of new economies and the increased levels of demand for products. With the new profiles of consumers and new trends of goods, companies are creating products with short life cycle, increasing the generation of Household Solid Waste in the municipalities. Due to the previous phenomenon, the number of collection points on the routes of vehicles increases, generating costs and greater distances, decreasing the productivity and quality of the transport system of cleaning companies. In this dissertation presents the planning of the waste collection routes of Household Solid Free Removal Program of the Municipal Company of Urban Cleaning - COMLURB in the south of the city of Rio de Janeiro, as a support method in the Transport Logistics of city cleaning system . For this purpose, we used the Geographic Information System for Transportation (GIS-T) TransCAD version 5.0 Academic License to the implementation of the Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW). The results obtained in this study reduced the overall distance traveled by vehicles in 30, 34%, showing the importance of the methodology in real transportation problems.

Keywords

Household Solid Waste; Free Removal Program; Geographic Information System for Transportation; Vehicle Routing Problem with Time Windows.

Sumário

1 . Introdução	13
1.1. Relevância e Motivação	13
1.2. Objetivos do Trabalho	14
1.2.1. Objetivo Principal	14
1.2.2. Objetivos específicos	14
1.3. Metodologia de Pesquisa	15
1.4. Estrutura da dissertação	16
2 . Gestão Integral dos Resíduos Sólidos Domiciliares	17
2.1. Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD)	17
2.2. Gerenciamento integrado dos Resíduos Sólidos Domiciliares	17
2.2.1. Geração	19
2.2.2. Acondicionamento	20
2.2.3. Coleta	21
2.2.4. Estação de transferência	22
2.2.5. Disposição Final	22
2.3. Programa de Remoção Gratuita (PRG)	23
2.4. Gerenciamento Integrado do Programa de Remoção Gratuita	26
2.4.1. Planejamento	26
2.4.2. Execução	27
2.4.3. Criação dos itinerários de Coleta	28
2.4.4. Transporte	29
2.4.5. Disposição Final	30
2.5. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos no Brasil	31
2.6. Contribuições metodológicas do Transporte no PRG	33
3 . Sistemas de Informações Geográficas (SIG)	36
3.1. Conceito dos SIG	36
3.2. Sistema de Informações Geográficas para Transportes (SIG-T):TransCAD	38
3.2.1. Limitações do uso do SIG-T TransCAD	39
3.3. A roteirização de veículos	40

3.3.1. O Problema de Roteirização de Veículos (PRV)	42
3.3.2. O Problema de Roteirização dos Veículos com Janela de Tempo	44
3.3.3. Algoritmo do Problema de Roteirização dos Veículos com Janela de Tempo	46
3.4. Contribuições e aplicações dos SIG	48
4 . Estudo de Caso	52
4.1. Localidade de estudo	52
4.2. Caracterização do Problema	54
4.2.1. Considerações especiais para o Programa de Remoção Gratuita	57
4.2.1.1. Criação do segundo turno de atendimento	58
4.2.1.2. Carga no ponto: Método de Monte Carlo	58
4.2.1.3. Pontos de esvaziamento	61
4.2.1.4. Pontos órfãos	62
4.2.1.5. Janelas de Tempo rígidas <i>versus</i> flexíveis	62
4.3. Metodologia de planejamento das rotas com o uso do SIG-T	63
4.3.1. Coleta de dados	63
4.3.2. Dados de entrada para o software TransCAD	65
4.3.2.1. Camada de dados (layer)	65
4.3.2.2. A rede (Network)	67
4.3.2.3. Matriz (Matrix)	68
4.3.2.4. Tabela dos veículos	69
4.3.3. Processamento dos dados em TransCAD: O Problema de Roteirização dos Veículos com Janela de Tempo (PRVJT)	70
4.3.4. Saídas em TransCAD: Relatórios	71
5 . Apresentação dos dados e análise dos resultados	73
5.1. Exemplo didático: Planejamento da rota no veículo H21, 01/10/2014.	73
5.2. Aplicação: Planejamento das rotas de coleta para o conjunto de veículos no plano consolidado	79
6 . Conclusões	85
Referências bibliográficas	88
Anexos	98

Lista de tabelas

Tabela 1 - Responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos sólidos ..	18
Tabela 2 – Acondicionamento de resíduos sólidos.....	21
Tabela 3 - Opções de coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares no Programa de Remoção Gratuita.	27
Tabela 4- Conceitos de roteirização de veículos.....	41
Tabela 5- Características dos caminhões do Programa de Remoção Gratuita.....	55
Tabela 6- Tabela dos veículos dentro do SIG-T TransCAD.....	69
Tabela 7- Indicadores da rota do PRG do veículo H21, 01/10/2014.....	74
Tabela 8- Relatório do itinerário de rota do veículo H21, 01/10/2014.	76
Tabela 9- Análise dos resultados do veículo H21, 01/10/ 2014.....	78
Tabela 10- Análise consolidada dos resultados para os veículos	79

Lista de figuras

Figura 1- Geração <i>per capita</i> de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil.....	20
Figura 2- Volume de solicitações recebidas pelo serviço 1746	24
Figura 3- Serviços mais solicitados 1746, Janeiro 2014.	24
Figura 4- Procedimento do Programa de Remoção Gratuita	25
Figura 5- Fluxo do Lixo do Centro de Tratamento de Resíduos-CTR Rio.	29
Figura 6- Usina de tratamento de lixo em Caju	30
Figura 7- Proporção de Resíduo Sólido Urbano coletado no Brasil, 2013.	31
Figura 8: Abrangência do serviço de limpeza no Brasil, 2013.	32
Figura 9- Resíduos Sólidos Urbanos gerados no Brasil	32
Figura 10- Componentes dos Sistemas de Informações Geográficas	37
Figura 11- Exemplo do Problema de Roteirização de Veículos no TransCAD	43
Figura 12- Exemplo do Problema de Roteirização de Veículos com Janelas de Tempo (PRVJT).....	45
Figura 13- Grandes regiões do estado do Rio de Janeiro	52
Figura 14- Caracterização dos Resíduos gerados no estado do Rio de Janeiro, 2013.	53
Figura 15- Mapa da zona sul da cidade do Rio de Janeiro	54
Figura 16- Distribuição de probabilidades do número de paradas dos veículos do Programa de Remoção Gratuita.....	60

Figura 17- Plano da rede rodoviária e conjunto de paradas possíveis no Rio de Janeiro/ TransCAD para Windows.....	64
Figura 18- Mapa de layers do Programa de Remoção Gratuita,01/10/2014.....	67
Figura 19- Exemplo de matriz de distâncias entre cada par (i, j).	68
Figura 20- Janelas de Tempo do Programa de Remoção Gratuita.....	71
Figura 21- Depósitos e veículos do Programa de Remoção Gratuita.	74
Figura 22- Mapa de roteamento consolidado, 01/10/2014.	77
Figura 23- Mapa de roteamento, veículo H21, 01/10/2014.	77
Figura 24- Quilometragem dos veículos do Programa de Remoção Gratuita.....	81
Figura 25- Redução percentual da quilometragem dos veículos do Programa de Remoção Gratuita.	81
Figura 26- Tempos dos veículos do Programa de Remoção Gratuita.....	83
Figura 27- Redução percentual de tempo dos veículos do Programa de Remoção Gratuita.	83

1. Introdução

1.1. Relevância e Motivação

O crescimento mundial da população e o processo de urbanização tem feito aumentar a produção nas grandes indústrias e o consumo de bens no mercado, apresentando um aumento na geração da quantidade dos Resíduos Sólidos das cidades nos últimos anos. Enquanto as empresas ganham um crescimento e benefício com este comportamento consumista, o modelo de consumo deixa problemas ambientais, sociais e de saúde pública no mundo inteiro. De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais-ABRELPE (2013), a geração de Resíduos Sólidos cresceu 18,93% de 2008 até 2013 no Brasil. Com base nesses dados, os rejeitos gerados pela sociedade merecem um tratamento especial das gestões municipais com a implementação de estratégias de curto, médio e longo prazo que permitam controlar e gerenciar os sistemas de gestão de serviços de transporte, coleta e disposição final dos resíduos.

Os resíduos no estado do Rio de Janeiro são tema de prioridade ambiental no agendamento administrativo da cidade; eles são tratados, controlados e trabalhados de maneira constante pelo governo do estado em conjunto com a administração da Secretaria do Estado do Ambiente da cidade (SEA) e os trabalhos operacionais de limpeza da Companhia Municipal de Limpeza Urbana-COMLURB.

Os requerimentos de coleta de resíduos da cidade são planejados e executados mediante programas de atendimento e apoio ao cidadão, com ajuda de meios de comunicação, divulgação e acompanhamento. Eles se conhecem como serviços especiais e o Programa de Remoção Gratuita da COMLURB está inserido neste Sistema (Governo do estado do Rio de Janeiro, 2009). O foco principal dos serviços especiais é o atendimento total dos pedidos dos cidadãos e a implementação de

experiência e tecnologia como apoio na otimização das rotas na coleta dos resíduos sólidos.

As atividades principais no Programa de Remoção Gratuita são a coleta, o transporte e a disposição final dos resíduos. O aspecto importante para se obter eficiência é a definição das melhores rotas de coletas ou entregas semanais, determinando o trajeto que um veículo percorrerá para completar as exigências dos serviços de transporte. Desta forma, os Sistemas de Informações Geográficas de Transporte (SIG-T) apresentam-se como uma opção na solução das necessidades logísticas e de transporte das empresas (Bowersox et al., 2006).

Portanto, no presente trabalho, a ênfase é dada ao problema de roteirização dos veículos na coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares dentro do Programa de Remoção Gratuita da COMLURB, incluindo a coleta, transporte e disposição final dos rejeitos. Um SIG-T será utilizado como instrumento de planejamento logístico na coleta de resíduos sólidos na região sul da cidade no Rio de Janeiro, com o desenvolvimento do Problema de Roteirização dos Veículos com Janela de Tempo (PVRJT) para planejamento, execução, simulação e análise na busca de uma solução ótima do problema de roteirização mencionado.

1.2. Objetivos do Trabalho

1.2.1. Objetivo Principal

O objetivo principal desta dissertação é desenvolver um procedimento para o planejamento das rotas de coleta dos Resíduos Sólidos Domiciliares especiais do Programa de Remoção Gratuita da COMLURB na zona sul e centro da cidade do Rio de Janeiro com a aplicação do Problema de Roteirização de Veículos com Janela de Tempo. Para cumprir este objetivo foi necessário estabelecer os seguintes objetivos específicos:

1.2.2. Objetivos específicos

- Apresentar uma revisão bibliográfica atualizada sobre o gerenciamento integrado do serviço de Remoção Gratuita,

Sistema de Informações Geográficas de Transporte (SIG-T) e o problema de roteirização escolhido.

- Definir o estudo de caso e o método a ser utilizado na medição das distâncias e tempos de viagens entre cada depósito e paradas nas coletas feitas pelos veículos na área de estudo.
- Fazer um levantamento de dados iniciais com o Sistema de Informação de Transporte (SIT) existente na COMLURB.
- Resolver o problema de roteirização com o uso do Sistema de Informação Geográfica para Transporte (SIG-T) TransCAD versão 5.0 *Academic Licence* na simulação, análise e proposta de planejamento do caso de estudo.
- Apresentar os resultados obtidos e propor recomendações para futuros estudos.
- Disponibilizar para a COMLURB os resultados da pesquisa.

1.3. Metodologia de Pesquisa

De acordo com Ludovico (2010), esta pesquisa é classificada quanto aos fins como metodológica e aplicada. Metodológica porque a partir de informações da COMLURB, o acompanhamento dos Sistemas de Informações Geográficas de Transporte (SIG-T) e o uso do *software* TransCAD versão 5.0 foi possível planejar as rotas com a aplicação do Problema de Roteirização escolhido. É definida como aplicada devido ao fato que resolve, de uma maneira prática, um problema real existente na criação dos itinerários de coleta dos rejeitos em programas especiais de atendimento ao cliente.

Quanto aos meios de investigação a pesquisa é classificada como estudo de caso, limitada em detalhar e aprofundar o sistema de roteirização atual em uma empresa específica (COMLURB).

Com respeito à natureza, a pesquisa é classificada como quantitativa, porque o estudo envolve o uso de dados numéricos e análise em *softwares* especializados.

1.4. Estrutura da dissertação

A dissertação está estruturada em 6 capítulos, incluindo a presente introdução como o capítulo 1.

No capítulo 2, apresenta-se uma revisão bibliográfica e documental da Gestão Integral dos Resíduos Sólidos e o Programa de Remoção Gratuita da COMLURB.

No capítulo 3, apresenta-se a estrutura dos Sistemas de Informações Geográficas (definições, características e tipos) e o Problema de Roteirização dos Veículos com Janela de Tempo.

No capítulo 4, tem-se o estudo do caso: localidade, caracterização do problema e metodologia de desenvolvimento.

No capítulo 5, apresenta-se o desenvolvimento, análise e resultados do caso de estudo.

Finalmente no Capítulo 6, encontram-se as conclusões e sugestões para futuras pesquisas na área de transporte e logística.

2. Gestão Integral dos Resíduos Sólidos Domiciliares

Neste capítulo é apresentada uma revisão dos principais conceitos de Resíduos Sólidos Domiciliares e o Gerenciamento Integrado do Programa de Remoção Gratuita da Companhia de Limpeza Urbana-COMLURB: dimensionamento do serviço, frota disponível, itinerários a serem cumpridos e transporte dos Resíduos Sólidos Domiciliares até o ponto final. Por último, é apresentado um diagnóstico do problema dos resíduos no Brasil e as alternativas de apoio aos avanços de sistemas administrativos e de operações nas coletas domiciliares.

2.1. Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD)

Os Resíduos Sólidos Domiciliares são conhecidos como os resíduos gerados nas residências ou domicílios da sociedade sendo o foco do presente estudo.

Além do material residencial, os rejeitos das atividades de construção e demolição entram no grupo de Resíduos Domiciliares, para os casos das reformas nas residências dos clientes. Eles são conhecidos como entulho e também fazem parte do presente estudo.

A gestão de Coleta dos Resíduos Sólidos inicia-se com a geração do rejeito na fonte e finaliza na disposição dele no ponto final. O conjunto de procedimentos na gestão dos materiais domiciliares é conhecido como gerenciamento integrado dos Resíduos Sólidos Domiciliares, o qual é apresentado a seguir.

2.2. Gerenciamento integrado dos Resíduos Sólidos Domiciliares

Conceitualmente, gerenciar Resíduos Sólidos (RS) de forma integrada é o conjunto de atividades de planejamento, execução, controle e financiamento que os municípios desenvolvem com o objetivo de

coletar, transportar e esvaziar o lixo considerando critérios econômicos, sanitários e ambientais existentes. (De Oliveira e Pasqual, 1997).

Um dos desafios no gerenciamento dos RS nos municípios é a taxa de crescimento das comunidades. O crescimento da população e o processo de urbanização tem aumentado a produção nas grandes indústrias e o consumo de bens. Recentemente, a população mundial passou para sete bilhões e a previsão é que para o ano de 2050, a população atinja nove bilhões de pessoas (Nações Unidas do Brasil, 2013).

Enquanto as empresas se desenvolvem e beneficiam com o crescimento e o consumo da população, os novos hábitos e a expansão do consumo da população deixam problemas ambientais, sociais e de saúde pública. Com o crescimento populacional constante, o nível de ocupação (urbanização) e a geração de lixo serão maiores. Em consequência, o custo de transporte dos resíduos coletados e os serviços envolvidos tendem a aumentar.

A prefeitura é responsável pelo gerenciamento de Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD), especiais, comerciais e de feiras, varrição e outros. Os demais tipos de resíduos existentes são responsabilidade do gerador, conforme a tabela 1. No Brasil, os municípios são responsáveis pelo gerenciamento adequado dos RSD e o pessoal encarregado enfrenta despreparo técnico e administrativo, gerando a diminuição da eficiência e produtividade dos processos na gestão dos rejeitos. (Brasileiro e Lacerda, 2008).

Tabela 1 - Responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos sólidos

Tipo de resíduo sólido	Responsabilidade
Domiciliar	Prefeitura
Especiais	Prefeitura
Comercial	Prefeitura
Feiras, varrição e outros.	Prefeitura
De serviços de saúde	Gerador
Industrial	Gerador
De aeroportos, portos e terminais.	Gerador
Ferrovários e rodoviários.	
Agrícolas	Gerador
Outros (tóxicos e/ou perigosos)	Gerador

Fonte: adaptado de De Oliveira e Pasqual (1997).

O orçamento de investimento no setor de limpeza pública é limitado e deve ser otimizado para satisfazer as necessidades da comunidade. Carvalho (2001) argumenta que o investimento para a limpeza está entre o 7% e 15% do orçamento do município e, com base nestes valores, calcula-se que um 50% deles é destinado para o transporte de rejeitos.

Para alcançar um bom desempenho no gerenciamento dos resíduos sólidos, existe um conjunto de elementos interligados que permitem executar de forma eficiente o serviço de limpeza das prefeituras. São eles: geração, acondicionamento, coleta, estação de transferência e disposição final dos RSD (Vonderohe et al., 1993), apresentados a seguir.

2.2.1. Geração

A geração dos resíduos sólidos é definida como a fonte de origem dos rejeitos, resultado das atividades diárias dos seres humanos. Existem diversas variáveis que influenciam a taxa de crescimento na geração de resíduos sólidos nos municípios: crescimento populacional, economia da região, comportamento de consumo e aspectos socioeconômicos da sociedade (Barbosa, 2004).

O indicador para medir a geração dos resíduos sólidos nos municípios é a produção *per capita* de lixo. A geração *per capita* é definida como a relação da quantidade de rejeitos coletados no município pela sociedade beneficiada do serviço (Campos, 2012). Para o Brasil, o índice apresenta um crescimento de geração *per capita* entre 2008 (1,080 Kg/hab./dia) até o 2012 (1,2281 Kg/hab./dia) de 12,03 %, como é apresentado na figura 1. O anterior é o resultado do avanço econômico do país, incremento no uso de embalagens descartáveis, movimentação de mercadorias e baixa vida útil dos objetos (Castro, 2006).

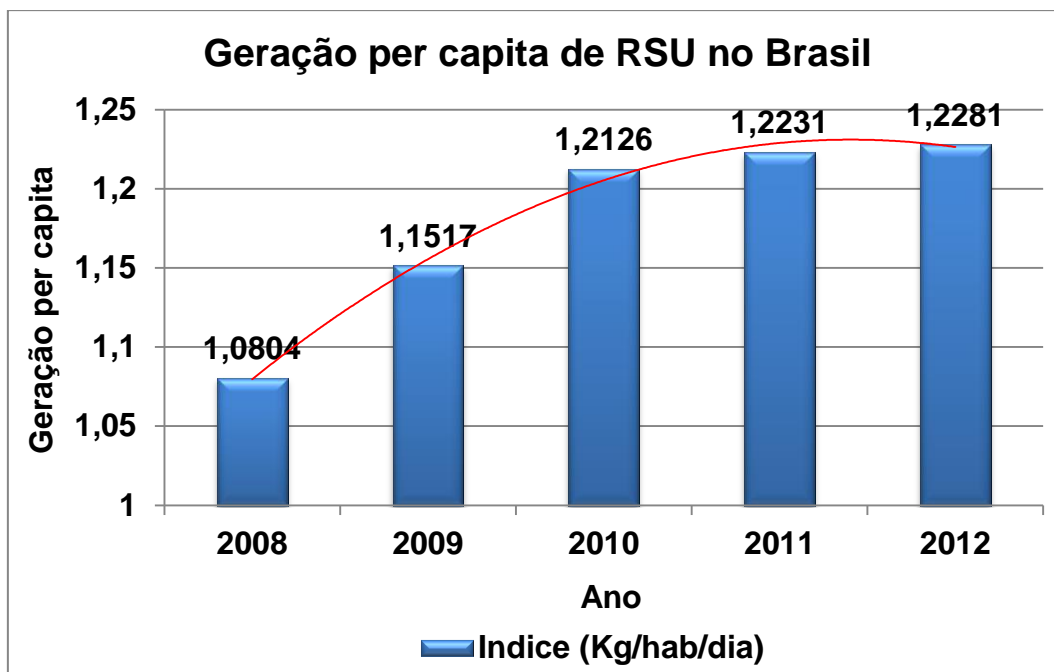


Figura 1- Geração *per capita* de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil

Fonte: adaptado da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza (2013).

2.2.2. Acondicionamento

O acondicionamento dos resíduos sólidos é a atividade de disposição interna dos rejeitos em recipientes sanitariamente adequados para coleta de acordo com o tipo e a quantidade de resíduo gerada para atender os requisitos e permitir a identificação das embalagens. O acondicionamento do resíduo doméstico segue regras municipais com o objetivo de evitar vazamentos e espalhamento deles pelas ruas.

A embalagem mais utilizada na sociedade para acondicionamento dos resíduos sólidos é o saco plástico. A Norma Técnica 9190 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) apresenta as principais características físicas de embalagens dos sacos plásticos (Da Silva et al. , 2011)

- Alto grau de resistência
- Capacidade de volume: vinte, trinta, cinquenta ou cem litros.
- Garantir o seu fechamento; pode-se utilizar uma fita.
- Toda cor é possível com exceção do branco leitoso (Resíduos Biológicos).

O acondicionamento adequado dos resíduos segue uma série de parâmetros e normas específicas. De acordo com as suas características, os sacos plásticos são diferenciados por cores, conforme a tabela 2.

Neste estudo, o material coletado pertence ao grupo dos rejeitos comuns classificados como grupo D (categoria V- preto-Outros).

Tabela 2 – Acondicionamento de resíduos sólidos

Grupo de Rejeito	Características de embalagem
Grupo A: biológicos	Branco leitoso de acordo com a Norma (NBR) 9191.
Grupo B: químicos	Laranja de acordo à norma 10004
Grupo C: radioativos	De acordo com os parâmetros contidos na norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) 6905, acondicioná-los de acordo à sua periculosidade (Grupo A, B ou C).
Grupo D: comuns	Seguindo as características e as cores da presente categoria, acondicionar os rejeitos em: I- azul-PAPÉIS II-amarelo-METAIS III-verde-VIDROS IV-vermelho-PLÁSTICOS V-preto-Outros
Grupo E: Perfuro-cortantes	Deve-se definir o coletor para os perfuro-cortantes seguindo a Norma (NBR) 13853.

Fonte: adaptado de Menegasso et al. (2013).

2.2.3. Coleta

A coleta dos Resíduos Sólidos Domiciliares é a atividade de recolhimento dos rejeitos nas origens, consideradas fontes geradoras de rejeitos. Segundo Barbosa (2004), a coleta é a atividade de movimentação dos rejeitos para áreas especiais de armazenamento, tratamento ou disposição final.

Este autor define ainda as modalidades de coleta de rejeitos em três grupos principais: a primeira é a *coleta porta a porta*, caracterizada por coletar o rejeito em frente à residência do solicitante; a segunda é o *posto de entrega voluntária*, onde o morador se desloca até um local fixo de disposição de rejeitos para depositar os RSD; a última modalidade ocorre por meio de *catadores*, pessoas independentes que recolhem os Resíduos Sólidos Domiciliares inorgânicos e recicláveis.

A modalidade de serviço do presente estudo é a Coleta Porta a Porta, na qual os caminhões executam os itinerários e coletam os Resíduos Sólidos Domiciliares diretamente nos domicílios das fontes geradoras, transportando-os até o ponto de transferência para o seu esvaziamento.

2.2.4. Estação de transferência

A estação de transferência é o lugar de esvaziamento temporário dos resíduos sólidos nos municípios. Esta situação acontece quando as condições de transporte apresentam distâncias longas entre a origem (pontos de coleta) e o destino final (aterros ou lixões).

Os principais objetivos das estações de transferência são: dar continuidade ao processo de coleta de resíduos sólidos nos roteiros definidos para as equipes de limpeza; reduzir os custos de transporte desde a fonte até o destino final; e reduzir a distância e tempo de coleta nos itinerários estabelecidos para cada caminhão (Paes, 2004).

2.2.5. Disposição Final

O último passo no gerenciamento integrado dos Resíduos Sólidos é a disposição final. De acordo com Magalhães (2008), existem três formas de disposição final dos resíduos: o *lixão*, caracterizado pela disposição do rejeito diretamente no solo, quebrando qualquer regra de prevenção ou saúde pública; a segunda é o *aterro controlado*, diferentemente da anterior, considera medidas e regras ambientais; a última é o *aterro sanitário*, técnica que dispõe os resíduos em camadas de

terra aplicando-se técnicas especiais de engenharia para diminuir o volume deles no solo.

2.3. Programa de Remoção Gratuita (PRG)

Conhecido também como o atendimento das não conformidades no serviço de Coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares, o Programa de Remoção Gratuita é o serviço complementar de limpeza dos rejeitos que não pertencem ao grupo de coleta seletiva (inorgânicos) e ao grupo de coleta domiciliar (resíduos orgânicos). Ele é conhecido como um subprograma da Diretoria de Coleta Seletiva da COMLURB, empresa responsável pelo serviço de limpeza da cidade do Rio de Janeiro.

De acordo com Araújo (2014), define-se o programa como o serviço de atendimento de clientes para os pedidos de remoção de material de pequenas obras (entulhos), objetos (telhas, tijolos, galhos, troncos e outros) e bens inservíveis (fogão, geladeira, banheira e outros) dentro de padrões estabelecidos.

O objetivo do PRG é atender ao cidadão que está fazendo pequenas reformas em seus domicílios. O programa é exclusivo somente para o setor residencial da cidade do Rio de Janeiro e pode ser solicitado pelos cidadãos de duas formas: serviço de tele atendimento ao usuário 1746 ou por meio da internet.

A importância do PRG é evidenciada pela crescente demanda de clientes do serviço 1746. No segundo semestre de 2013, houve acréscimo de 9,15% das solicitações recebidas (informações e pedidos de remoção de material) pelos cidadãos, como é apresentado na Figura 2. Para o mês de Janeiro de 2014, foram recebidas 145980 ligações das quais, 26172 ligações foram para solicitar o serviço de remoção de entulho e bens inservíveis. Essas últimas representam o 51% dos serviços mais solicitados ao 1746 sobre o total, como é apresentado na Figura 3.

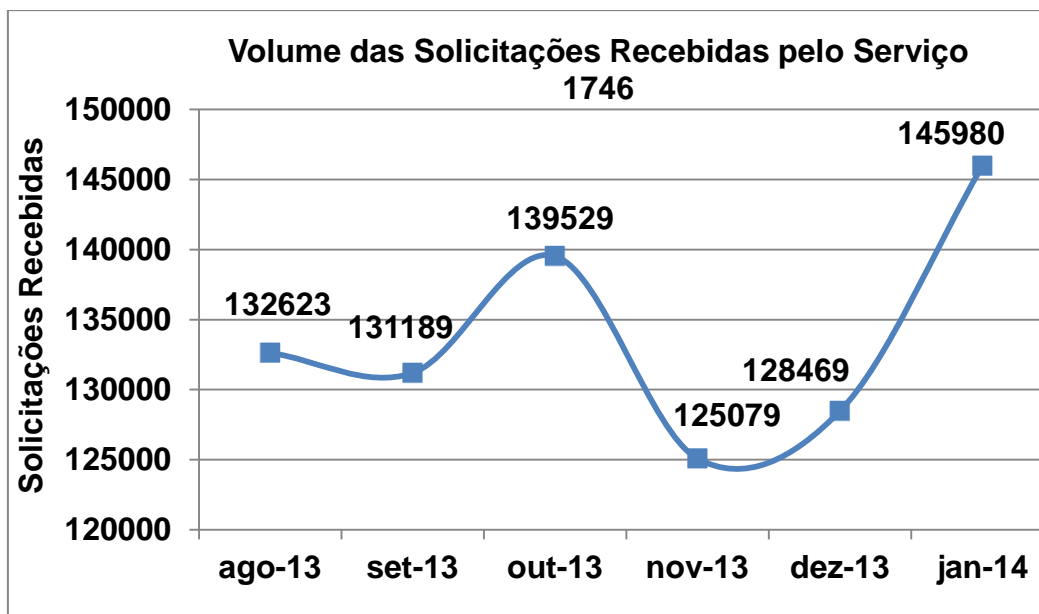


Figura 2- Volume de solicitações recebidas pelo serviço 1746
Fonte: adaptado da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (2014).

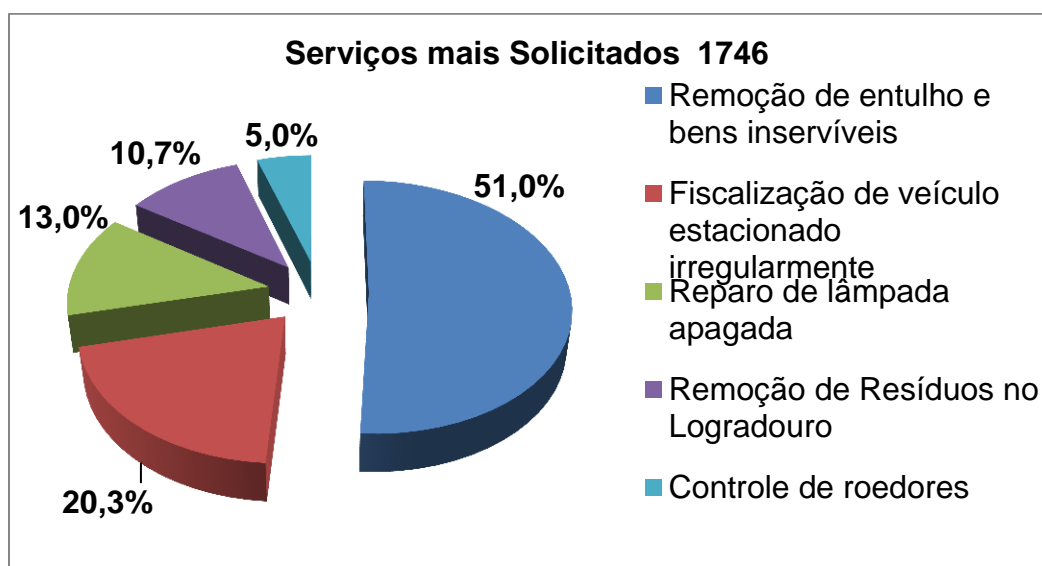


Figura 3- Serviços mais solicitados 1746, Janeiro 2014.
Fonte: adaptado da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (2014).

O procedimento do PRG é apresentado na figura 4 e funciona da seguinte forma: o centro de atendimento recebe as ligações que são cadastradas e armazenadas no Sistema Ambiental de Coleta (SAC). Este envia os requerimentos de pedidos à gerência, que avalia e os aprova. Uma vez aprovados, entram no programa de Operação Ambiental de Coleta (OAC), o qual tem como função principal receber, planejar e enviar os planos de desenvolvimento dos pedidos.

Uma vez executadas as principais atividades pelo OAC, é definida a infraestrutura física e humana para executar o pedido: os caminhões, com os itinerários e o pessoal definido entram nas rotas estabelecidas para o atendimento aos cidadãos. O conjunto de atividades planejadas e executadas mencionadas anteriormente integram o atendimento pontual do cliente. A seguir, o cliente avalia o atendimento, julgando se o PRG solucionou ou não sua solicitação. Se o serviço foi prestado em sua totalidade, estabelece-se como fim do serviço. Se não foi completado, ele entra de novo no Sistema SAC e é armazenado para ser completado em outro plano posterior.

O Programa de Remoção Gratuita também depende de variáveis a definir para o seu correto funcionamento: tipo de lixo a ser coletado, tipo de caminhão a utilizar, itinerários a cumprir, localização geográfica e demanda dos pedidos, horários e disponibilidade de equipes, etc.

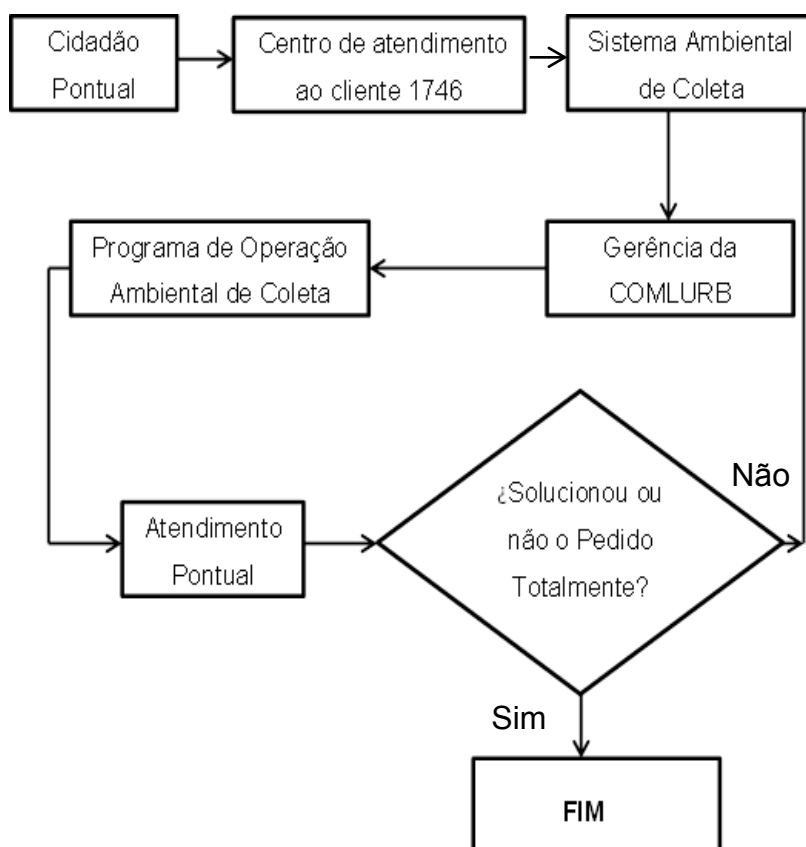


Figura 4- Procedimento do Programa de Remoção Gratuita
Fonte: adaptado de Araújo (2014).

2.4. Gerenciamento Integrado do Programa de Remoção Gratuita

Define-se o Gerenciamento Integrado do PRG como o conjunto de operações interligadas necessárias para a eficácia na coleta dos Resíduos Sólidos Domiciliares, as quais são: planejamento, execução, criação dos itinerários de coleta, transporte e disposição final.

2.4.1. Planejamento

Conhecer e definir os principais resíduos sólidos a serem coletados é o primeiro e principal objetivo do Gerenciamento na coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares. Da Silva (2005) argumenta que a primeira etapa no planejamento é a identificação e conhecimento das características quantitativas e qualitativas dos resíduos sólidos a serem coletados no município.

Os materiais do PRG estão classificados de acordo com três variáveis: a primeira é a *quantidade por pedido*, a qual é estabelecida de acordo com a capacidade máxima de carregamento para o pessoal de coleta por pedido solicitado. Araújo (2014) explica que a quantidade máxima foi estabelecida pela COMLURB de acordo com o limite permitido pela empresa para o gari poder suspender a carga do chão e arremessá-la dentro da caçamba do caminhão.

A segunda variável é a *descrição do item* considerada a unidade de medida e foi definida de acordo com os estudos de embalagem dentro da COMLURB na otimização do espaço físico dentro da caçamba dos caminhões.

A terceira variável na lista dos rejeitos pertencentes ao PRG é o *grupo*, referente a três tipos de materiais: pequenas e grandes unidades e grupo especial. Esta última variável foi definida de acordo com o porte de equipamento utilizado para a remoção de materiais e o conhecimento técnico das equipes que executam este serviço (Araújo, 2014).

2.4.2. Execução

A execução é a atividade física de recolhimento dos Resíduos Sólidos Domiciliares. Uma vez geradas, avaliadas e aprovadas as solicitações pela Gerência da COMLURB, a coleta é executada pela equipe de operações, pertencente à Gerência de Remoção Gratuita zona sul.

Os pedidos de remoção solicitados pelos clientes devem atender uma série de parâmetros exigidos. O primeiro é o *acondicionamento*, onde os rejeitos devem estar numa distância de até 15 metros do portão da entrada e ao mesmo nível da rua, em local de fácil acesso sem rampas ou escadas. O segundo é a *quantidade máxima de material por pedido*: para entulho, é limitada a 150 sacos plásticos de 20 litros. Se for superior, o cliente contratará um serviço particular. Para os demais materiais pertencentes ao PRG, seguem-se quatro opções, apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 - Opções de coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares no Programa de Remoção Gratuita.

Opções	Grupos
1	1 item do grupo Especial
2	2 itens do grupo Grande
3	1 item do Grupo Grande e 5 itens do Grupo Pequeno
4	6 Itens do Grupo Pequeno

Fonte: adaptado de Araújo (2014)

O terceiro parâmetro exigido para o serviço é o *responsável*, sendo necessária a presença de uma pessoa encarregada para assinar e indicar o lugar da coleta. O tempo de serviço para cada cliente é de 20 minutos. O seguinte parâmetro é o *horário de atendimento* que ocorre de 7:00 às 22:40 horas de segunda-feira a sábado. Os horários de retirada dos materiais não são agendados pela Gerência Zona Sul, ou seja, o serviço dos clientes é feito em qualquer hora do dia dentro dos turnos de atendimento do PRG. Somente nas seguintes exceções pode-se agendar a retirada dos rejeitos: caso não tenha local para acondicionar o material

ou não tenha uma pessoa responsável para receber a COMLURB (Araújo, 2014).

Uma vez gerado o pedido, a Gerência de Remoção Gratuita tem um prazo de atendimento de até 10 dias. Caso seja necessário novo pedido, ele será feito após 10 dias da data de atendimento anterior. Os pedidos não atendidos ou cancelados poderão ser reprogramados imediatamente.

Além dos padrões mencionados, existem regulamentos adicionais a serem considerados na hora de fazer as solicitações (Araújo, 2014):

- Cada item da listagem de materiais não poderá ser repetido no mesmo pedido, obedecendo à quantidade máxima do item.
- Para evitar que um mesmo cliente distribua pedidos de remoção de entulho e bens inservíveis por vários apartamentos, com o intuito de descartar o material mais rapidamente, a quantidade é limitada em dois pedidos por dia e por prédio, vila ou bloco, respeitando o prazo para um novo pedido.

2.4.3. Criação dos itinerários de Coleta

O terceiro passo no Gerenciamento Integrado é a criação dos itinerários de coleta a serem executados pelos veículos. A definição deles inicia-se com a listagem das solicitações de remoção dos clientes, atividade desenvolvida pela Secretaria de Remoção Gratuita. A seguir, são definidas as rotas por parte do departamento Administrativo (Gerente e coordenador), utilizando técnicas não matemáticas (empíricas) e considerando as seguintes variáveis: localização geográfica da área de coleta; número e características dos veículos disponíveis para o serviço (capacidade, tamanho, velocidade, etc.); demanda das solicitações; custos associados ao transporte; tempo dos roteiros; tipo de resíduos, entre outras. Por último, a lista com o roteiro a ser executado pelo veículo é entregue a cada motorista para o início da atividade de transporte.

2.4.4. Transporte

O transporte é conhecido como o processo de movimentação dos Resíduos Sólidos Domiciliares desde sua origem, ou seja, os clientes, até o ponto de disposição final, sendo ele a estação de transferência.

O ponto de início do trajeto é a Gerência Zona Sul, onde estão localizados os veículos do PRG sendo considerado o depósito do presente estudo, situado na Rua General Polidoro, 68, Botafogo. O atendimento dos clientes divide-se em dois turnos por dia: O primeiro turno é de 7:00 às 14:20 horas e o segundo turno é de 15:20 às 22:40 horas. Uma vez que os caminhões saem da Gerência com os itinerários estabelecidos, eles iniciam sua movimentação pela zona sul e alguns bairros do centro da cidade, sendo as áreas de serviço do presente estudo.

O ponto final de transporte é conhecido como o ponto de esvaziamento, sendo ele na presente pesquisa a Estação de Transferência de Resíduos Sólidos (ETRs) de Caju, localizada na Rua Carlos Seidl, 1388, Caju e funciona 24 horas. A partir da ETRs, as viagens são planejadas para o transporte dos rejeitos até o Centro de Tratamento de Resíduos (CTR), localizado na região de Seropédica, onde são descarregados finalmente, como apresentado na Figura 5:

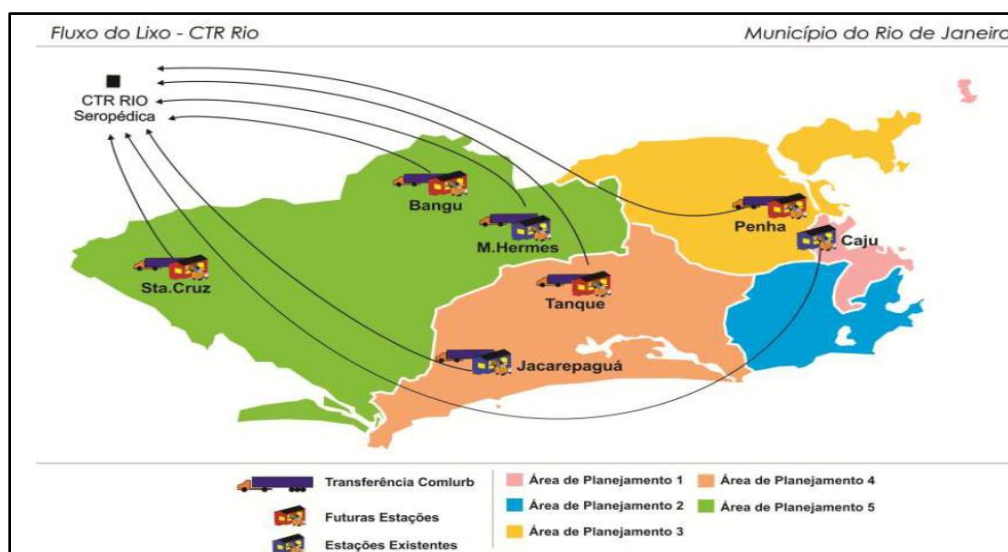


Figura 5- Fluxo do Lixo do Centro de Tratamento de Resíduos-CTR Rio.
Fonte: Fonti (2012).

De acordo com a figura anterior, o município do Rio de Janeiro apresenta cinco áreas de planejamento (AP) principais: Área Central (AP1), Sul (AP2), Norte (AP3), Barra e Jacarepaguá (AP4) e Oeste (AP5). A Gerência de Remoção Gratuita Zona Sul presta o seu serviço na AP2 e parte da AP1, e o lugar de esvaziamento é a Estação de Caju.

A frota de transporte é composta por veículos especializados em coleta de rejeitos. O horário de trabalho é definido pelo horário de funcionamento do depósito de acordo com o turno estabelecido.

2.4.5. Disposição Final

A disposição final é a atividade de esvaziamento dos rejeitos na parada final, a qual é conhecida como a ETRs de Caju, apresentada na Figura 6. O local abrange uma área de 113000 m² e é responsável pela recepção de 32,4% de todo o resíduo sólido coletado no município, cerca de 8200 toneladas por dia (Teixeira et al. , 2008).

O objetivo da criação das ETRs é dar continuidade à atividade logística e transporte do fluxo dos rejeitos. Dentro delas, os RSD são carregados em veículos de maior capacidade para logo serem transportados até o CTR, favorecendo as condições de tráfego das vias dos municípios (Saneamento e Energia Renovável do Brasil, 2010).



Figura 6- Usina de tratamento de lixo em Caju
Fonte: adaptado de Google Earth (2013).

2.5. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos no Brasil

De acordo com os dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais- ABRELPE (2013), a quantidade de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em 2013 cresceu em comparação com os anos anteriores. A região sudeste é responsável por 52,4% de coleta dos RSU, sendo a maior percentagem do Brasil, conforme apresentado na figura 7.

Na cidade do Rio de Janeiro, geram-se diariamente dez mil toneladas de resíduos sólidos, das quais 49,42% é lixo domiciliar, 32,47% é lixo público e o restante (18,11%) corresponde aos grandes geradores (incluindo resíduos da construção civil) e resíduos dos serviços municipais de saúde (Bastos, 2013).

As prefeituras dos diferentes municípios no Brasil trabalham em planos de cobertura do serviço de limpeza dos Resíduos Sólidos Urbanos, com o objetivo de aumentar a abrangência do serviço, como é apresentado na Figura 8.

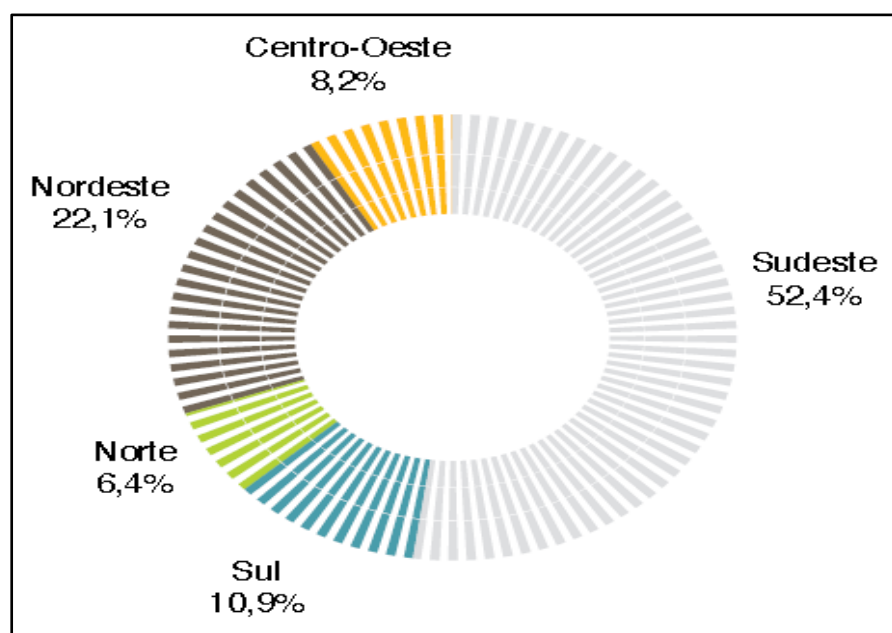


Figura 7- Proporção de Resíduo Sólido Urbano coletado no Brasil, 2013.
Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza (2013).

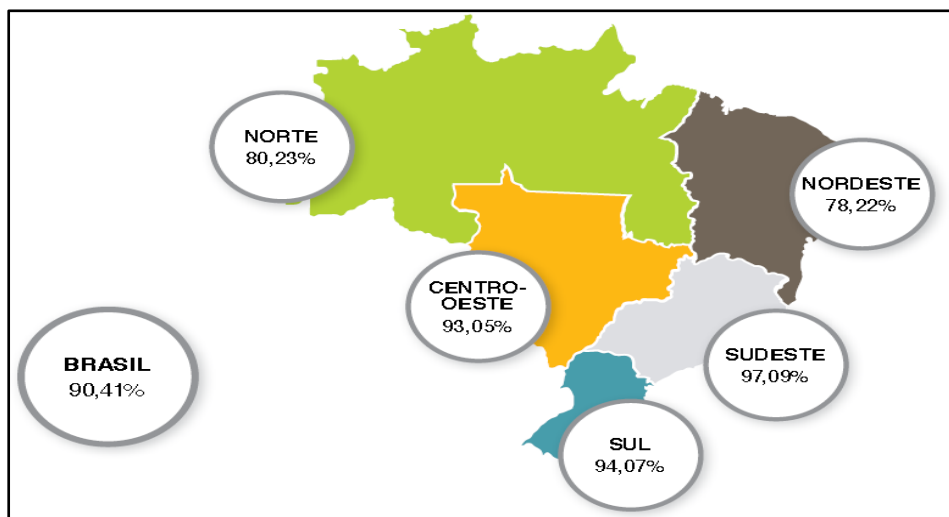


Figura 8: Abrangência do serviço de limpeza no Brasil, 2013.
Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza (2013).

Se por um lado o gerenciamento de serviço de RSU é controlado, por outro a geração de resíduos sólidos nos diferentes municípios não deixa de preocupar o país. O crescimento da população e as economias emergentes fazem que a demanda dos produtos seja cada dia maior, gerando novos rejeitos e deixando maiores níveis de poluição no meio ambiente. Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2013), a geração de resíduos sólidos urbanos cresceu nos últimos anos, como é apresentado na Figura 9:

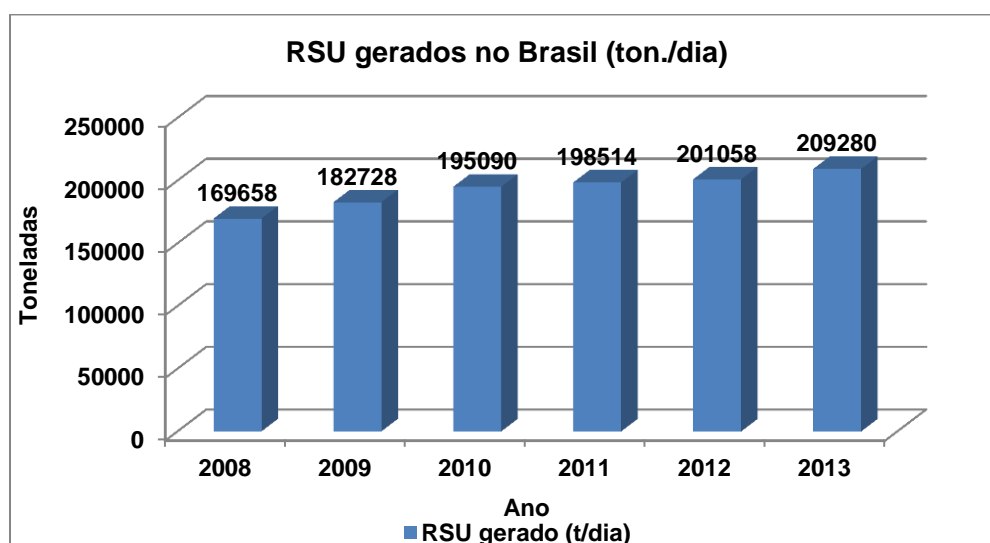


Figura 9- Resíduos Sólidos Urbanos gerados no Brasil
Fonte: Adaptado da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza (2013).

De acordo com a figura anterior, a geração de Resíduos Sólidos passou de 169.658 ton./dia em 2008 para 209.280 ton./dia em 2013, apresentando um acréscimo de 18,93%. A população urbana pesquisada neste período apresentou um crescimento de 9,07%, passando de 152.496.807 pessoas do ano 2008 para 167.713.417 pessoas no ano de 2013. Com base nesses dados, os rejeitos gerados pela sociedade merecem atenção especial das gestões municipais com a implementação de estratégias a curto, médio e longo prazo que permitam controlar e gerenciar os sistemas de gestão de transporte, coleta e disposição final.

2.6. Contribuições metodológicas do Transporte no PRG

A gestão de transporte dos Resíduos Sólidos é um dos grandes desafios das administrações públicas na procura de soluções produtivas e com qualidade sobre os sistemas existentes. Para as operações de coleta, diferentes estudos foram divulgados ao longo dos anos, trabalhando na otimização das rotas de transporte dos rejeitos. Alguns exemplos são: redes e roteamento de veículos para a coleta de resíduos municipais, proposto por Beltrami e Bodin (1974); a roteirização para veículos de coleta de resíduos sólidos domiciliares utilizando um Sistema de Informação Geográfica proposto por Deluqui (2003); o modelo de transporte baseado em Sistemas de Informações Geográficas- caso de estudo no município de Asansol, na Índia, proposto por Ghose et al (2006); um caso de estudo de poupança de combustível na otimização de rotas dos resíduos sólidos municipais, proposto por Tavares et al. (2007); a otimização de rotas em caminhões de coleta de lixo urbano proposto por Rigonatti e Souza (2011); a otimização de rotas de coleta de lixo urbano na cidade do Rio de Janeiro por Negreiros et al. (1991), entre outros.

As pesquisas de coleta de resíduos em programas especiais, como é o caso de estudo do Programa de Remoção Gratuita, tem por objetivo a gestão dos sistemas de transporte existentes, procurando diminuir custos de operação e aumentar a produtividade dos serviços. Alguns dos trabalhos citados anteriormente, como o trabalho de poupança de

combustível na otimização das rotas de resíduos sólidos municipais exposto por Tavares et al. (2007) utiliza os Sistemas de Informações Geográficas com o objetivo de representar as rotas de transporte de lixo nos diferentes municípios da Ilha de Santo Antão, república de Cabo Verde ao Norte da África. Utilizou-se o programa *ESRI's, Arc.GIS, Arc.Info* e o *Network Analyst extension* para representar e analisar os cenários de estudo com dois critérios: distância mais curta e consumo de combustível no cálculo das rotas ótimas. Os resultados evidenciaram que considerando o relevo do terreno, o melhor resultado é obtido ao buscar a minimização do consumo de combustível, gerando uma poupança do consumo que varia entre 9% e 52% na análise local e global respectivamente.

Os estudos de simulação e análise por meio dos Sistemas de Informações Geográficas apresentam-se como uma ferramenta de apoio nas decisões a serem executadas pelas prefeituras. Para o trabalho de modelamento de transporte no município de *Asansol* (Índia) proposto por Ghose et al. (2006), foram simulados e analisados os métodos adequados de armazenamento, recolhimento, transporte, destinação e despesas financeiras na gestão dos resíduos sólidos feitos pela companhia de limpeza do município. Por meio da linguagem de programação AML (*Arc Macro Language*) os arquivos *Arc.Info* foram gerados e aplicou-se o problema do caixeiro viajante para definir os roteiros mínimos. Os resultados obtidos evidenciaram que as despesas operacionais fixas do município poderiam passar de 25 milhões de rupias para 8,4 milhões com a execução da proposta.

As alternativas na área de pesquisa operacional são diferentes para otimizar os sistemas de coleta e transporte de resíduos sólidos e programas especiais, como é o PRG. A presente dissertação utiliza um Sistema de Informações Geográficas para Transporte (SIG-T), conhecido como o *software* TransCAD versão 5.0 para o planejamento das rotas do PRG da COMLURB na zona sul da cidade do Rio de Janeiro.

Segundo Carvalho (2001), as pesquisas de coleta de resíduos sólidos são dinâmicas em tempo real, onde deve-se fazer uma revisão constante para controlar o comportamento das variáveis como a

quantidade de resíduos, o número de ruas a cobrir, os setores de coleta, etc. O uso de ferramentas como os *softwares* especializados ajudam na tarefa de atualização de dados para gerar soluções objetivas.

3. Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

Diversas técnicas computacionais e matemáticas têm sido desenvolvidas nos últimos anos com o objetivo de planejar, simular e analisar os estudos de pesquisa referentes ao transporte. Conhecidas como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), caracterizam-se pela representação espacial e numérica dos processos internos e externos das empresas, cujo objetivo é fazer uma representação geográfica dos sistemas de operações atuais. O presente capítulo expõe a revisão bibliográfica dos SIG, a roteirização de veículos e as principais aplicações e contribuições para os problemas logísticos de transporte.

3.1. Conceito dos SIG

Segundo Câmara (1994), os Sistemas de Informações Geográficas são o conjunto de elementos (*hardware*, *software*, etc.) utilizados para representar eficientemente informações referenciadas geograficamente. Eles podem ser considerados como um mapeador que utiliza as bases de dados para organizar as informações em camadas, conhecidos como *layers*, na representação dos cenários de estudo reais.

Castro (2006) argumenta que as informações referenciadas geograficamente podem ser representadas por três elementos (linhas, pontos ou polígonos) que contêm internamente dois tipos de informações principais: os *atributos*, características quantitativas e qualitativas dos dados; e a *localização espacial*, sendo as coordenadas geográficas.

De acordo com Câmara et al. (2002), os Sistemas de Informações Geográficas estão formados por seis componentes principais, apresentados na Figura 10:

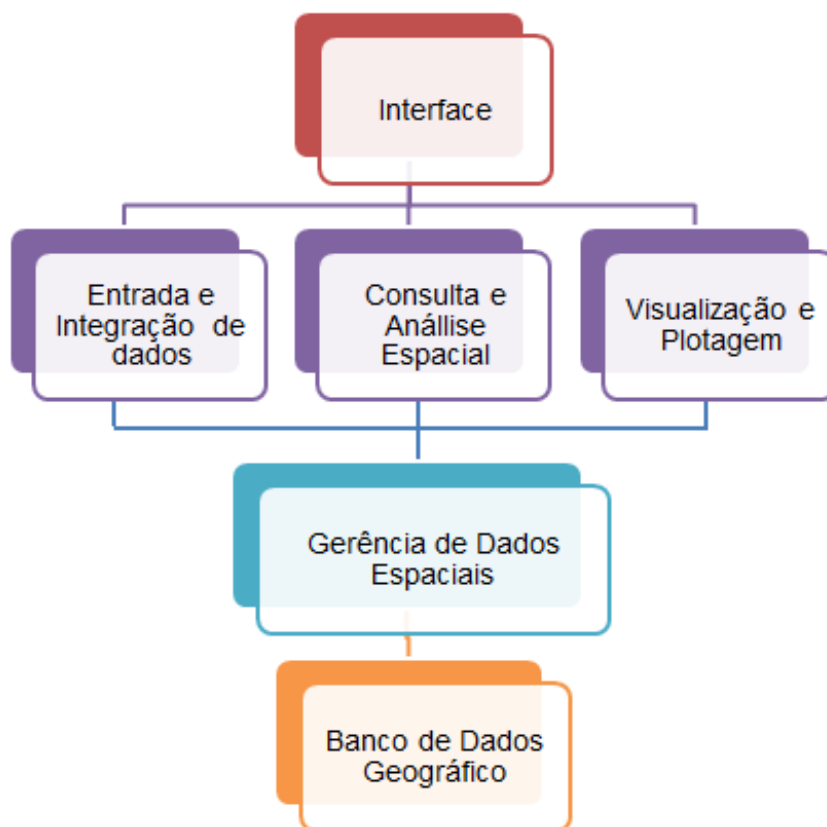


Figura 10- Componentes dos Sistemas de Informações Geográficas
 Fonte: Adaptado de Câmara et al. (2002).

Existe uma relação hierárquica para os componentes dos SIG. A *Interface* é conhecida como a manipulação e controle do sistema para representar os cenários reais, considerando três elementos principais: *entrada e integração de dados*, sendo elas as informações coletadas iniciais; *consulta e análise espacial*, concebida como o uso de *softwares* especializados na representação das informações de entrada; e a *visualização e plotagem*, resultado da integração dos elementos anteriormente mencionados.

Uma vez processadas e visualizadas as informações, inicia-se a etapa de análise dos resultados. Ela é desenvolvida pela *Gerência de Dados Espaciais*, responsáveis da tomada de decisões no foco de melhorar os processos atuais. Por último, as decisões e cadastros são armazenados no *Banco de Dados Geográfico*, essenciais para futuros estudos e pesquisas.

O acolhimento e evolução dos Sistemas de Informações Geográficas têm representado avanços e objetividade no ambiente laboral e acadêmico devido ao comportamento de três fatores principais: incremento de capacidade para o processamento de dados, diminuição dos custos de equipamentos e disponibilidade de bases de dados (Lima, 2003).

3.2. Sistema de Informações Geográficas para Transportes (SIG-T):TransCAD

Dentro da área de transportes foram desenvolvidos especificamente Sistemas de Informações Geográficas responsáveis pelo armazenamento, amostragem, gerenciamento e análise dos dados. Estes são conhecidos como os SIG-T e podem ser definidos como uma integração do SIG e um Sistema de Informação de Transporte (SIT) (Vonderohe et al. ,1993).

O SIG-T mais utilizado é o *software* TransCAD, criado pela empresa norte americana *Caliper*. De Oliveira (2011) descreve o *software* como um SIG-T com um conjunto de rotinas específicas que soluciona problemas logísticos, operativos e de transporte. Além disso, o *software* tem uma estrutura modular aberta que permite solucionar problemas de roteirização e programação de veículos com os procedimentos utilizados pelo próprio usuário.

Conforme Pelizaro (2000), existem sete características principais gerais do módulo de roteirização do *software* TransCAD:

- Múltiplos depósitos: ferramenta utilizada para alocar um conjunto de pontos sobre um depósito específico com o objetivo de fazer atendimentos exclusivos e, além disso, é possível deixar o sistema aberto para que ele aleatoriamente aloque e determine quais conjuntos de pontos devem ser atendidos para o depósito mais adequado.
- Janela de tempo rígida: definida para o conjunto de paradas com restrições de tempo, onde deve ser feito o serviço - janelas para os depósitos representam horários de funcionamento das empresas e

as janelas de tempo dos clientes representam horários exigidos pelos usuários onde deve ser feito o atendimento.

- Tempo fixo de serviço: ele é o tempo necessário e autorizado para realizar cada parada, independente da demanda;
- Tempo por unidade: tempo para coletar ou deixar as unidades demandadas.
- Restrição de comprimento da rota: restrição limitada ao tempo máximo para executar o itinerário de uma rota.
- Frota heterogênea de veículos: Característica que considera um conjunto de veículos com características diversas.
- Paradas do tipo *backhaul*: Característica que permite fazer coletas ou entregas uma vez finalizados os roteiros.

As aplicações possíveis dentro do *software* TransCAD permitem a interação entre a localização dos elementos de transporte e as infraestruturas espaciais. De acordo com Castro (2006), o SIG-T permite simular cenários para estudos de redes (comprimento, custo, velocidade de fluxo, etc.), planejamento de frota de veículos (viagens alocados, distribuição da demanda, modelagens de decisão multimodal), problemas de roteirização (entrega ou coleta de produtos, distribuição da infraestrutura, coleta de rejeitos, etc.).

3.2.1. Limitações do uso do SIG-T TransCAD

Embora os resultados das rotinas praticadas dentro do *software* TransCAD permitam uma tomada de decisão baseada em critérios espaciais com a análise das informações, existem limitações para os problemas de roteirização simulados pelo *software*. As principais desvantagens que apresentam a simulação de dados dentro do TransCAD são as seguintes (Pelizaro, 2000): *mistura de produto*, ocorre quando é necessário carregar unidades de pedidos com características diferentes por um veículo mas o conjunto deles podem apresentar restrições de tipo de produto que podem transportar; *início-término da rota*, acontece para veículos que precisam visitar pontos ou depósitos antes do fim do roteiro.

Além das restrições do *software* mencionadas anteriormente, Stone et al. (2002) argumenta algumas limitações na simulação dos dados dentro do SIG-T TransCAD: incremento dos tempos para o cálculo de previsão de tráfego; os sentidos das vias ou alguns movimentos podem carecer de lógica comparados com a realidade e limitam a objetiva tomada de decisões; o pesquisador tem que configurar os resultados para que eles sejam os mais razoáveis com o estudo; por último, é indispensável uma aprendizagem prévia para utilizar o *software*.

Para o desenvolvimento da pesquisa foram consideradas as características e restrições descritas no presente capítulo. Com o objetivo de planejar, simular e resolver os diferentes cenários de estudo, foram criadas uma série de aplicações especiais para tentar superar as limitações do *software*.

3.3. A roteirização de veículos

Segundo Gomes e Ribeiro (2004), a roteirização de veículos é o planejamento, definição e operação de rotas de entrega ou coleta de produtos, os quais são transportados considerando restrições e custos associados. O objetivo dos problemas associados aos roteiros é minimizar custos, tempos e distâncias. São três as abordagens principais para os problemas de roteirização: problemas de roteirização pura de veículos, problemas de programação de veículos e tripulações e problemas combinados de roteirização e programação de veículos (Neto e Lima , 2006).

De acordo com Cunha (2005), o vocábulo roteirização de veículos é a definição equivalente do inglês *routing* para definir o processo de construção de um ou vários roteiros com o objetivo de delimitar a sequência de clientes a serem atendidos por um conjunto de veículos. Laporte (1992) argumenta que quando os roteiros são definidos com base no planejamento ótimo de entrega ou coleta de produtos de um ou vários depósitos para um conjunto de cidades ou clientes espacialmente dispersos, sujeitos a restrições adicionais, o problema pode ser definido como o Problema de Roteirização de Veículos (PRV).

Segundo Naruo (2003), os PRV são parte do tipo de Problemas de roteirização pura de veículos: Eles caracterizam-se pelo fato de existir um conjunto de Nós e/ou Arcos que devem ser atendidos por uma frota de veículos. O objetivo é definir uma sequência de locais (rota) que o veículo segue para atender a função objetivo: minimização de tempo ou distância de transporte.

As rotas de coleta dos Resíduos Sólidos Domiciliares podem ser criadas por meio de dois métodos: o primeiro é o método *não Matemático*, onde os itinerários são definidos baseados em métodos empíricos. O segundo é o método *Matemático*, onde são utilizados algoritmos para roteirizar e pode ser feito de duas formas: manual ou computacionalmente. Conforme Brasileiro et al. (2008), no método computacional é integrado ao *software* (roteirizador) o algoritmo matemático, o qual escolhe o melhor roteiro considerando a variável que se quer otimizar (distância ou tempo).

Leal (2013) explica a roteirização de veículos como o processo de definição da melhor rota na distribuição de produtos, prestação de serviços ou qualquer atividade de coleta. Existem quatro conceitos principais utilizados em roteirização de veículos: Nós, Arcos, Arestas e Grafo. Eles são apresentados na tabela 4:

Tabela 4- Conceitos de roteirização de veículos

Conceito	Definição
Nós (N)	Conjunto de vértices representados por pontos no Grafo; cada unidade de nó é composta por sua característica de localização e atributos próprios.
Arcos (A)	Conjunto de Linhas direcionadas representadas no grafo. A direção é representada por uma seta, a qual da o sentido ou orientação à linha.
Arestas	Conjunto de Linhas não direcionadas representadas no Grafo.
Grafo (G)	Um grafo G é definido por $G = (N, A)$, sendo que N representa o conjunto de Nós e A , o conjunto de arcos ou arestas $(i, j) \in N$.

Fonte: Adaptado de Carvalho (2005) e De Almeida (2007)

De acordo com Cunha (2005), a representação dos problemas de roteirização assume o conhecimento prévio de um grafo $G = (N, A)$ o qual está conformado por o conjunto de Nós N , sendo os pontos a serem atendidos, e o conjunto de arcos “ A ” que representam as ligações entre cada par de nós, onde são conhecidas as distâncias e os tempos de viagem.

Devido à complexidade no desenvolvimento dos problemas de roteamento para transporte, estes são nomeados de *NP-hard*, problemas matemáticos que se caracterizam pela dificuldade (definida de acordo com o número de pontos a serem atendidos) de solução e precisam de técnicas computacionais intensivas, análises e testes das simulações para obter os resultados desejados (Da Costa, 2010).

3.3.1.O Problema de Roteirização de Veículos (PRV)

O problema de Roteirização de veículos (PRV) é a definição genérica para o conjunto de problemas que envolvem a visita de n clientes por m veículos. O nome do tipo de problema refere-se à prática de suprir clientes geograficamente dispersos com bens ou serviços, utilizando o conjunto de veículos de um depósito em comum. O problema consiste em planejar o roteamento dos veículos com o objetivo de que a distância, tempo ou custo seja diminuído. (Christofides, 1976).

O PRV está composto por uma série de elementos, os quais interagem dentro do sistema. De acordo com a figura 11, tem-se um armazém principal (*Warehouse*), o qual representa o depósito; os clientes a serem servidos (*Stops*), os quais estão geograficamente distribuídos no plano; os roteiros feitos pelos caminhões no atendimento dos clientes (*Route*), representados com cores verde, vermelho e roxo; e o plano da cidade, o qual apresenta a rede rodoviária e os possíveis caminhos que podem ser utilizados pela frota de veículos.

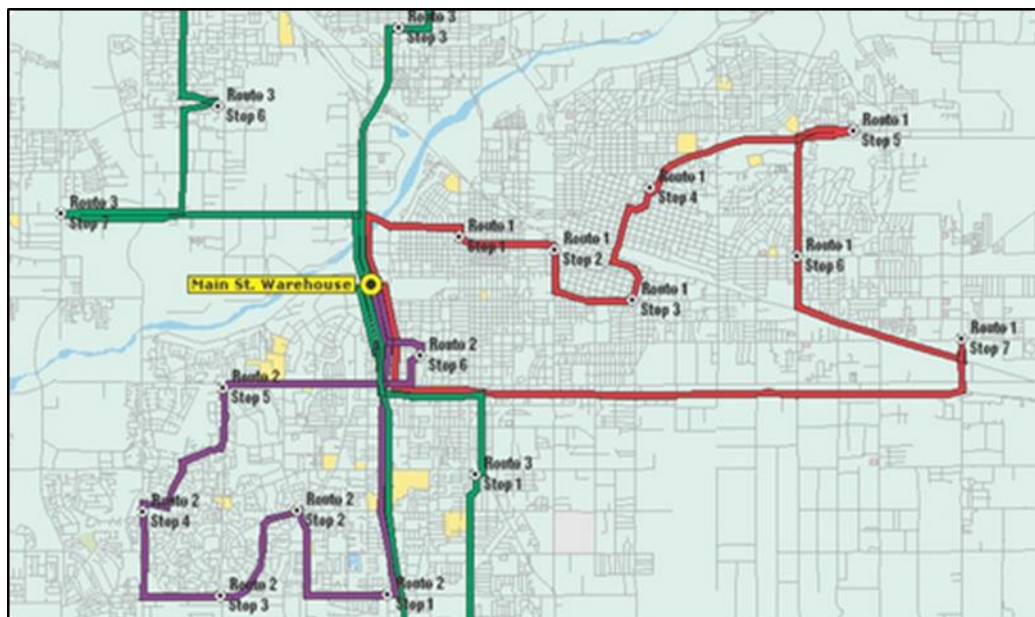


Figura 11- Exemplo do Problema de Roteirização de Veículos no TransCAD

Fonte: Caliper (2014).

O Problema de Roteirização de Veículos existe como rotina no SIG-T TransCAD versão 5.0 e foi utilizado para resolver o presente caso de estudo, considerando as restrições de tempo, denominadas Janelas de Tempo. O material acadêmico descrito pelo autor do *software* (Caliper,1990) não especifica o algoritmo utilizado, mas faz referência à pesquisa desenvolvida por Solomon (1987) com o Problema de Roteirização e Programação de Veículos com Janelas de tempo (PRPVJT) como suporte matemático.

Cunha e Caixeta (2002) argumenta que, dentro das aplicações dos PRV tem-se o sistema de coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares. A operação inicia-se desde a saída do veículo do depósito, passando pela sequência de clientes a serem atendidos dentro do roteiro e deslocando-se até o ponto de esvaziamento; finalmente o caminhão retorna ao depósito, sendo ele o ponto final do itinerário de coleta.

A importância das restrições de tempo nos PRV está sujeita às atividades econômicas desenvolvidas pelas companhias. De Brito (2006) define que para um problema de prestação de serviço, como por exemplo, o serviço de encomendas ou pizzarias, as janelas de tempo são mais críticas do que as restrições de capacidade. Mesmo que a capacidade do

veículo não seja preenchida, o serviço deve ser executado no menor tempo possível. Para os problemas de coleta de Resíduos Sólidos ou entrega de combustível, a capacidade do veículo é prioridade sobre as restrições de tempo.

De acordo com Neto e Lima (2006), os PRPVJT são utilizados quando existem restrições de tempo, chamadas de janelas de tempo, sendo o período permitido para o atendimento do cliente. O problema de Roteirização de Veículos com Janela de Tempo (PRVJT) apresenta-se como um dos principais problemas do PRV e forma parte dos PRPVJT.

3.3.2. O Problema de Roteirização dos Veículos com Janela de Tempo

Batistus (2009) descreve o PRVJT como uma generalização do PRV com restrições adicionais denominadas Janelas de Tempo, onde serão satisfeitas as necessidades dos clientes considerando termos de horário e realização do serviço. Para cada cliente existe uma Janela de Tempo, com o intervalo $[t_1, t_2]$, sendo o t_1 o tempo de início da janela, e o t_2 o tempo do fim. Só neste intervalo de tempo o cliente deverá ser atendido. Considera-se também Janela de Tempo para o depósito onde, de acordo com o horário de funcionamento, os veículos devem sair e retornar a ele.

Conforme Mester e Braysy (2003), o objetivo do PRVJT é achar os roteiros de menor custo, os quais iniciam-se num depósito, seguem ao atendimento de clientes e retornam ao ponto inicial. Cada cliente tem uma demanda a ser satisfeita e um intervalo de tempo no qual deve ser feito o atendimento, conhecido como a janela de tempo do cliente. Além disso, para prestar o serviço ao cliente considera-se a capacidade dos veículos, a qual deve ser respeitada. O PRVJT é representado na figura 12:

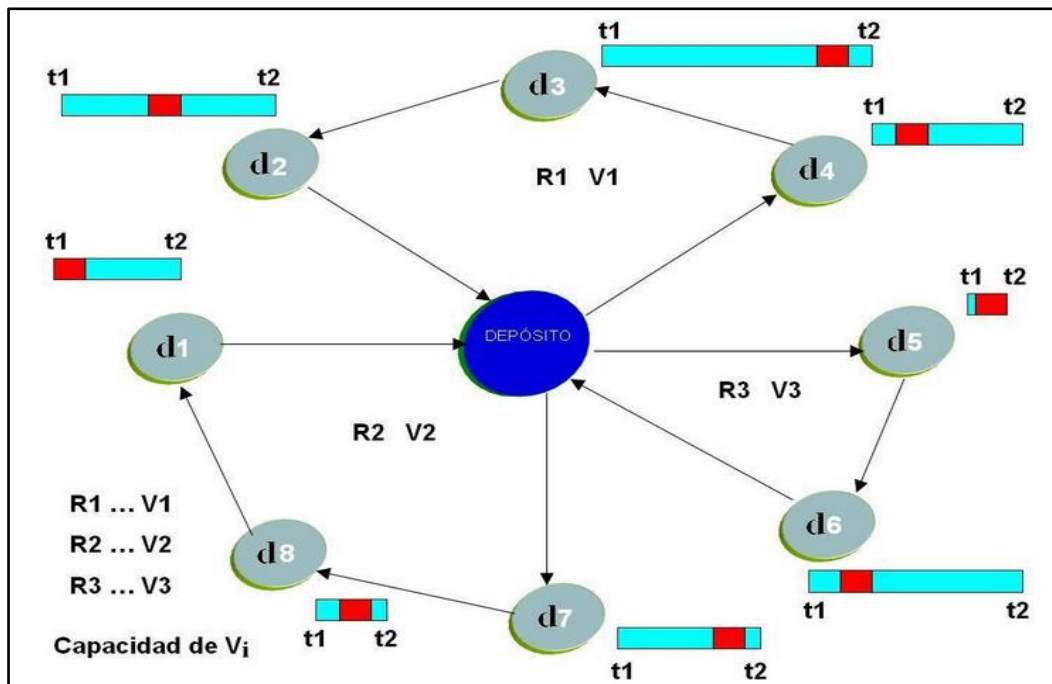


Figura 12- Exemplo do Problema de Roteirização de Veículos com Janelas de Tempo (PRVJT)
Fonte: Cruz (2014).

De acordo com a figura anterior, descreve-se o PVRJT assim: tem-se um depósito principal (*Depósito*), o qual é o ponto de início e fim do conjunto de rotas R ($R1$, $R2$ e $R3$) para o conjunto de veículos V ($V1$, $V2$ e $V3$), os quais estão sujeitos a uma capacidade (*Capacidade de V_i*); o objetivo da criação dos roteiros é o atendimento do conjunto de clientes com demandas d ($d1$, $d2$, ..., $d8$) onde cada um deles tem uma janela de tempo de início ($t1$) e de fim ($t2$), na qual devem ser servidos.

As Janelas de Tempo para os PRVJT podem ser classificadas em dois tipos: Rígidias (*hard*) e Flexíveis (*soft*). De acordo com Gandelman (2007), as *Janelas de Tempo Rígidias (hard)* são aquelas em que as restrições de Janela de Tempo não podem ser violadas. Já nas *Janelas de Tempo Flexíveis (soft)* é permitido o serviço adiantado ou atrasado em relação à janela de tempo, mas incluindo uma penalidade ao valor da função objetivo, o qual pode ser de minimização de distâncias ou tempos.

Batistus (2009) argumenta que as abordagens para os PRVJT variam segundo os objetivos e aplicações, considerando-se a minimização dos custos de itinerários, o número de veículos utilizados, o tempo do roteiro até as penalidades a serem pagas por atrasos (em

Janelas de Tempo Flexíveis). Na maximização da função objetivo, os problemas podem considerar o número de clientes atendidos ou, ainda, uma abordagem múltipla dos objetivos. Revisões com respeito aos PRVJT podem ser encontradas nos trabalhos de Larsen (1999), Da Silva (2009), Da Cunha (1997), Laporte (1992), entre outros.

As aplicações dos PRVJT em cenários reais são diversas: entregas de dinheiro em bancos, terminais de autoatendimento e problemas de roteamento de ônibus escolar (Nagata et al. , 2010), dentre outras.

3.3.3. Algoritmo do Problema de Roteirização dos Veículos com Janela de Tempo

O algoritmo do Problema de Roteirização dos Veículos com Janela de Tempo aplicado para o *software* TransCAD (Caliper,1990) é suportado matematicamente com a heurística de resolução desenvolvida por Solomon (1987) e descrita da seguinte forma:

O serviço ao cliente denominado i , $i = \{1, \dots, n\}$, envolve a coleta e/ou entrega de bens ou serviços para s_i unidades de tempo. Pode iniciar no tempo b_i , dentro de uma janela de tempo definida pelo tempo de início e_i e tempo de fim l_i , onde o cliente i permitirá o início de serviço.

Assim, se um veículo viaja diretamente do cliente i para o cliente j e chega muito cedo a j , ele aguardará até iniciar seu serviço no momento $b_j = \max \{e_j, b_i + s_i + t_{ij}\}$, onde t_{ij} é o tempo de deslocamento direto de i até j . Note-se que os tempos de início de serviço de b_i para $i = \{1, \dots, n\}$ são variáveis de decisão.

É assumido que o custo da viagem direto do cliente i ao cliente j é dado por $c_{ij} = p_1 d_{ij} + p_2 (b_j - b_i)$ e $p_1 + p_2 = 1$, sendo p_1 e p_2 valores de ponderação ou peso; se $p_1 = 0$ e $p_2 = 1$, busca-se minimizar o tempo total de programação. Define-se também o d_{ij} como a distância do cliente i para o cliente j .

Assume-se também que o número de veículos usados é livre, ou seja, a dimensão da frota é determinada usando o melhor conjunto de rotas e horários. Os veículos deixam o depósito, denominado nó 0, no

tempo e_0 e devem retornar ao depósito no tempo l_0 ao final. Nota-se que os tempos de saída do depósito são variáveis de decisão.

Solomon (1983) apresenta algoritmos e modelos matemáticos para o PRPVJT baseados em um modelo do roteamento básico do problema de roteirização (Fisher e Jaikumar, 1981), na generalização de eliminação das restrições de subrotas (Miller et al., 1960) e no contexto do Problema do caixeiro viajante com Janelas de Tempo (Desrosiers et al., 1983).

A eficiência da heurística para este problema proposto por Solomon (1983) é a forma como as Janelas de Tempo são introduzidas nos processos de solução. Considera-se a inserção de um cliente, nomeado u , entre os clientes i_{p-1} e i_p onde $1 \leq p \leq m$, sobre uma estrutura de início de roteirização factível $(i_0, i_1, i_2, \dots, i_m)$ e $i_0 = i_m = 0$, para o qual os tempos de início de serviço b_{ir} por $0 \leq r \leq m$ são conhecidos.

Define-se como b_{ip}^{new} o novo tempo de início para o serviço ao cliente i_p , dada uma inserção do cliente u . Além disso, seja W_{ir} o tempo de espera do conjunto i_r , para $p \leq r \leq m$. Se for assumido que a desigualdade triangular é válida tanto para distâncias como para os tempos, esta inserção pode definir um deslocamento para frente (*Push Forward (PF)*) na programação em i_p :

$$PF_{ip} = b_{ip}^{new} - b_{ip} \geq 0$$

$$PF_{ir+1} = \max \{ 0, PF_{ir} - W_{ir+1} \}, \quad p \leq r \leq m - 1$$

Se o $PF_{ip} > 0$, alguns dos clientes i_r , $p \leq r \leq m$ poderiam tornar-se inviáveis ao ser feito uma exame por meio de três formas: a primeira é analisar a sequência de clientes com tempos factíveis até achar o cliente i_r com $PF_{ir} = 0$; a segunda é identificar o primeiro cliente i_r com tempo infactível; a última é examinar todos os clientes i_r , $p \leq r \leq m$.

Como medida de controle para evitar o fenômeno anterior, pode-se estabelecer uma série de condições necessárias e suficientes para a viabilidade do tempo ao inserir um cliente, denominado u , entre i_{p-1} e i_p , $1 \leq p \leq m$, sobre uma estrutura inicial de roteirização fatível $(i_0, i_1, i_2, \dots, i_m)$ e $i_0 = i_m = 0$, sendo elas :

$$b_u \leq l_u \quad \text{e} \quad b_{ir} + PF_{ir} \leq l_{ir}, \quad p \leq r \leq m$$

Se é assumido que as distâncias e os tempos das viagens são não euclidianas, então é possível que exista um deslocamento (*Push Forward*) para o cliente i_p $PF_{ip} < 0$, o qual deixa o tempo viável para todos os clientes. Note-se também que desde $i_m = 0$, as condições necessárias e suficientes de viabilidade assegurarão que qualquer cliente que não permita ao veículo retornar ao depósito dentro do tempo programado não vai ser inserido no trajeto parcial. A heurística de solução para o Problema de Solomon (1987) foi solucionada com base no Problema de Roteirização e a heurística de Poupança de Clarke and Wright (1964).

3.4. Contribuições e aplicações dos SIG

Desde o início, os Sistemas de Informações Geográficas têm incrementado uma série de funções para manipulação e análise das informações espaciais, criando uma objetividade na visualização dos dados. Conforme Meneses (2003), a evolução dos SIG é dividida em três etapas. A primeira correspondeu à *manipulação e visualização*, onde a prioridade era dirigida à representação espacial dos dados. A segunda ficou conhecida como as *operações analíticas dos dados não gráficos*, a qual possibilitou a incorporação de novos conceitos e aplicativos aos SIG mediante modelos matemáticos e dados numéricos não gráficos para as representações espaciais. A última compreende as *análises espaciais*, produto da integração de dados não gráficos com a representação espacial dos objetos para efetuar análises sobre dados espaciais.

Na medida em que os SIG foram evoluindo, suas características e qualidades permitiram-lhe a criação do seu próprio espaço em estudos de pesquisa das organizações públicas. Silva e Quintanilha (1993) ressaltam que as tecnologias de SIG têm sido apresentadas nas prefeituras como uma ferramenta eficaz para a gestão e planejamento. O sucesso está condicionado à sua real utilidade com a compatibilidade financeira dos estudos desenvolvidos e a produtividade técnica de sua execução.

Com a entrada dos SIG em atividades públicas, o espaço de aplicação e contribuição encaminhou-se para diferentes setores de trabalho. Oliveira (1997) enumera uma série de áreas de aplicação para

os Sistemas de Informações Geográficas divididas em cinco grandes grupos: *ocupação humana*- serviço de limpeza das cidades, roteirização de veículos, estudos de tráfego rodoviário, ferroviário, aéreo, etc.; *uso da terra*- atividades topográficas, identificação de solos, distribuição do uso da terra, legalização de propriedades por meio de técnicas de mapeamento; *uso de recursos naturais*- gerenciamento de oleodutos, gasodutos e poços petrolíferos; *meio ambiente*- estudos climáticos e identificação de regiões, gestão de controle de emissões poluentes; por último são as *atividades econômicas*- gerenciamento de usinas e centros de distribuição, gestão integrada de atividades logísticas para produtos e serviços (fornecimento, transporte, atendimento de clientes, etc.).

Além das múltiplas vantagens que apresentam, os Sistemas de Informações Geográficas destacam-se como uma ferramenta matemática de apoio às pesquisas. De acordo com Assad (1988), os SIG permitem calcular as variáveis para o conjunto de paradas e suas inter-relações. Com a base de dados de uma rede viária, o SIG permite localizar clientes e endereços e calcular as distâncias e tempos entre cada par deles.

Segundo Pelizaro (2000), os SIG devem ser utilizados na roteirização por duas razões principais: a primeira é a *exatidão na estimativa do tempo de viagem*, necessária para evitar cálculos subestimados de tempo que conduz a faltas no prazo final, ou superestimar tempos, o qual conduz a subutilizar os veículos. A segunda é a *qualidade da solução*, a qual permite integrar uma configuração da rota para todos os nós e links possíveis mais detalhadamente, gerando precisão nos cálculos matemáticos.

Para o transporte, a crescente demanda dos clientes e o cumprimento de datas e horários de atendimento incentivaram o uso dos SIG na roteirização dos veículos, com o objetivo de cumprir as exigências de entrega ou coleta de pedidos. Da Cunha (2000) argumenta que o incremento de problemas de trânsito, acesso, circulação e parada de veículos nos centros urbanos priorizaram e impulsaram o uso dos SIG-T.

Diversos trabalhos de SIG-T foram desenvolvidos por pesquisadores para a solução de problemas de transporte. Entre os mais destacados encontram-se a utilização de um Sistema de Informações

Geográficas na Coleta Seletiva de Materiais Recicláveis (De Oliveira, 2011). O autor utilizou dados reais de uma associação de catadores da cidade de Itajubá, Minas Gerais, para a simulação no SIG-T TransCAD versão 4.8 dos Pontos de Entrega Voluntária (PEV) a serem dispostos para o programa de coleta seletiva de materiais recicláveis. Os resultados mostraram que por meio da instalação dos PEV no sistema de coleta, a eficiência deste poderia se tornar maior do que o atual.

Neto e Lima (2006) auxiliaram-se no Sistema de Informação Geográfica para a roteirização de veículos de uma rede atacadista do sul de Minas Gerais. Com a simulação de diferentes cenários, foram analisadas as diferentes variáveis (tempo, capacidade e número de veículos) de transportes para as cidades de Itajubá, Pouso Alegre e Poços de Caldas na busca da solução satisfatória. Os resultados mostraram os roteiros de coleta e/ou entrega de mercadorias nas cidades.

Da Silva (1998) utilizou como ferramenta os SIG-T para o planejamento e avaliação do sistema de transporte na cidade de Araraquara, São Paulo. Os resultados mostraram que o acolhimento do SIG-T nas prefeituras e empresas tem incrementado a solução de múltiplos problemas e a criação de alternativas de planejamento urbano para a minimização dos custos de transporte foi sugerida.

Brito (2006) apoiou-se no uso de Sistemas de Informação Geográfica para a análise do transporte e disposição final dos Resíduos Sólidos da cidade de Ilha Solteira, São Paulo. O método computacional utilizado pelo autor evidencia uma economia significativa de distância nos roteiros para os veículos: 26,58% na distância de percurso e 39,32 % no tempo de viagem em comparação com o método empírico.

Mendes et al. (2008) desenvolveu o estudo de roteirização na coleta de Resíduos com o uso do *software* TransCAD para a cidade de Uberlândia, Minas Gerais. Os produtos coletados pelos veículos eram resíduos do setor de saúde, os quais apresentavam três problemas principais: de roteirização, programação e problemas combinados para os veículos. Foram utilizados os Sistemas de Posicionamento Global e SIG como ferramentas computacionais de apoio para a simulação dos diferentes cenários. Os resultados obtidos indicaram as rotas de menor

tempo de percursos para o serviço de coleta, com uma economia de 23% sobre o método atual.

Os exemplos citados demonstram a importância dos Sistemas de Informações Geográficas na logística de transportes para as atividades comerciais e de serviços das empresas. Um dos desafios na gestão dos processos operacionais das companhias de limpeza municipais é o serviço ao cliente, o qual deve ser controlado e melhorado constantemente. Como estratégia de sucesso, deve-se fazer uma constante pesquisa de metodologias, técnicas e processos inovadores que permitam prestar um atendimento eficiente e com qualidade. O SIG-T TransCAD adapta-se as características próprias de solução para o caso de estudo da presente pesquisa , o qual é apresentado a seguir.

4. Estudo de Caso

A zona sul e centro da cidade do Rio de Janeiro é o epicentro de inúmeras atividades econômicas e sociais que influem na gestão administrativa da prefeitura responsável. Uma das atividades de prioridade é o atendimento ao cidadão a partir dos diferentes programas existentes, sendo um deles o PRG. Com o objetivo de melhorar a eficácia na logística de transporte para o programa especial mencionado, é apresentado o estudo de caso, diagnóstico do serviço atual e é definido um procedimento para o uso do SIG-T TransCAD como meio de solução do planejamento das rotas para os veículos.

4.1. Localidade de estudo

A cidade do Rio de Janeiro está localizada na região sudoeste do estado do Rio de Janeiro, como é apresentada na Figura 13. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE (2014), a cidade possui uma população de 6.453.682 habitantes.



Figura 13- Grandes regiões do estado do Rio de Janeiro
Fonte: Szwarcwald e Castilho (1998).

Zveibil et al. (2013) argumenta que, conforme o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro-PERS-RJ, o estado produz 53% de Resíduos Sólidos Húmidos (matéria orgânica) e 40% de Resíduos Sólidos Secos (matéria inorgânica), como é apresentado na Figura 14. A fração inorgânica produzida pelo estado está composta por material de plástico (19%), papel (16%), Vidro (3%) e Metais (2%).

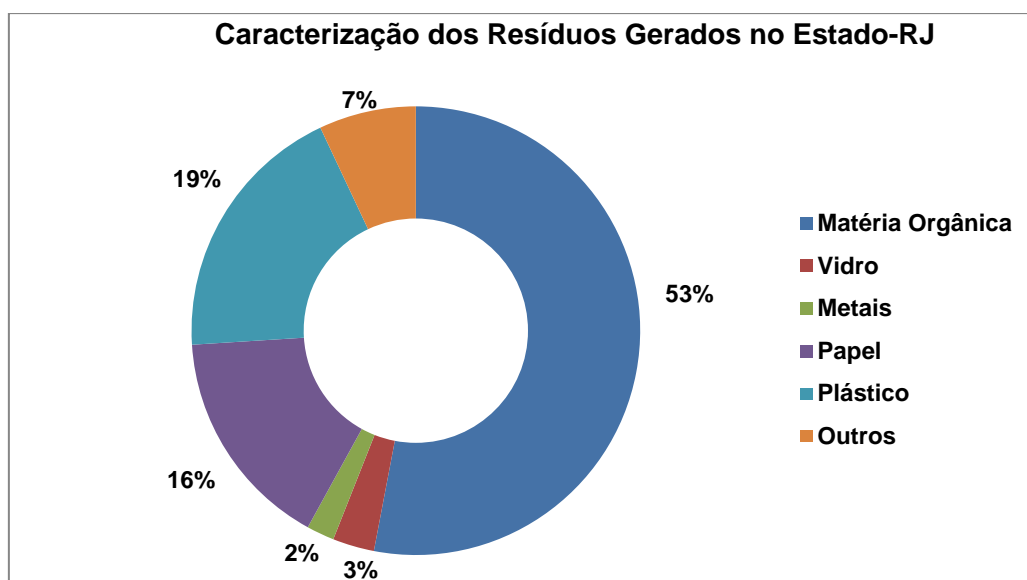


Figura 14- Caracterização dos Resíduos gerados no estado do Rio de Janeiro, 2013.

Fonte: Adaptado de Zveibil et al. (2013).

Os materiais provenientes da categoria “outros resíduos” (7%) são conhecidos como rejeitos denominados “resíduos especiais” e podem ser de caráter orgânico ou inorgânico. Estes rejeitos compreendem o grupo de resíduos coletados pelo programa de Remoção Gratuita da COMLURB e são parte do grupo de resíduos de estudo da presente pesquisa.

Na cidade do Rio de Janeiro existem duas gerências principais para a coleta de Resíduos Sólidos. A primeira é a Gerência de Resíduos Sólidos Orgânicos e a segunda é a Gerência de Inorgânicos, também conhecida como Gerência de Coleta Seletiva que é a administração responsável pela gestão dos rejeitos sólidos recicláveis (vidro, metal, plástico, papel, etc.). O programa de Remoção Gratuita pertence à última mencionada, sendo considerado como um subprograma especial de Coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares da cidade.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2014), o estado do Rio de Janeiro é composto por 92 municípios, sendo a zona sul da cidade do Rio de Janeiro o foco de estudo, como é mostrado na Figura 15:

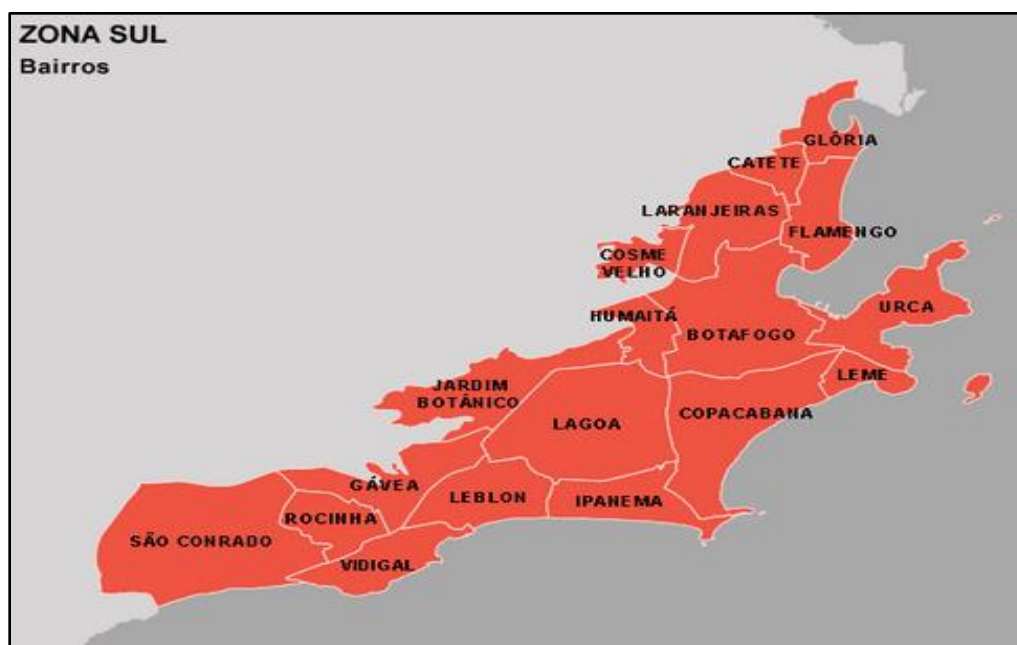


Figura 15- Mapa da zona sul da cidade do Rio de Janeiro
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000).

De acordo com o mapa anterior, o programa de Remoção Gratuita abrange os seguintes bairros da zona sul da cidade: Jardim Botânico, Lagoa, Ipanema, Gávea, Leblon, Botafogo, Copacabana, Flamengo, Leme, Vidigal, Urca, Catete, Glória, São Conrado, Cosme Velho, Laranjeiras e Humaitá. Além desses, o programa atende aos bairros: Rio Comprido, Caju, Centro, Estácio, Cidade Nova, Catumbi, entre outros. O bairro Rocinha ainda não foi incluído nos roteiros, devido à falta de planos de integração da comunidade no PRG da COMLURB.

4.2. Caracterização do Problema

Na etapa de caracterização do problema de estudo foram coletadas as informações com o apoio dos trabalhadores das Gerências de Coleta Seletiva e Remoção Gratuita zona sul. Inicialmente, procuraram-se informações sobre o sistema de coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares do Programa de Remoção Gratuita, por meio da

linha de serviço ao cliente 1746, responsável pelo atendimento da remoção de resíduos especiais nos diferentes bairros da zona sul.

A primeira atividade foi conhecer o Programa de Remoção Gratuita da COMLURB e suas funções. Para isso, foi necessário estudar a estrutura do programa e as principais regras necessárias para solicitar o serviço de remoção. A seguir, iniciou-se a identificação da situação atual da coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares da cidade mediante reuniões com os principais componentes de trabalho, o Gerente de Remoção Gratuita, o coordenador, a secretaria de controle e o pessoal de execução do trabalho (motoristas e garis). Com base nas informações obtidas na COMLURB foram identificados os principais recursos disponíveis e clientes a serem atendidos.

Para a execução do serviço de Remoção Gratuita, dois são os recursos utilizados. O primeiro são os recursos físicos, equipamento conformado por 4 caminhões fixos, dos quais 3 têm capacidade de sete metros cúbicos e 1 tem capacidade de três metros cúbicos. Estes podem ser substituídos em caso de quebra ou manutenção por dois veículos alternativos (extras) com a mesma capacidade; eles são apresentados na tabela 5:

Tabela 5- Características dos caminhões do Programa de Remoção Gratuita

Nº	Prefixo	Cargo	Capacidade (m3)	Capacidade (Kg)	Tipo	Descrição
1	H21	Fixo	7	7000	P8; 4800	Caminhão Basculante
2	H22	Fixo	7	7000	P8; 4800	Caminhão Basculante
3	H38	Fixo	7	7000	P8; 4800	Caminhão Basculante
4	H46	Fixo	3	3000	P27	Caminhão Basculante
5	H19	Extra	7	7000	P8; 4800	Caminhão Basculante
6	H49	Extra	3	3000	P27	Caminhão Basculante

Fonte: adaptado de Araújo (2014).

O segundo é o recurso humano, responsável pela direção, execução e controle das atividades de remoção gratuita. Para cada caminhão do PRG, são necessários 1 motorista e 2 garis, gerando como resultado em total 8 motoristas e 16 garis para os 4 caminhões na coleta diária.

Para o atendimento de clientes dentro do programa de remoção gratuita da COMLURB, cada ligação deles ao serviço 1746 gera um pedido de coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares, representado por um ponto neste estudo, o qual deve ser atendido num período máximo de 10 dias. Para as solicitações de remoção, eles seguem a ordem de entrada, ou seja, as primeiras a entrar, serão as primeiras a serem cumpridas. A gerência faz atendimento de pedidos com frequência diária, ou seja, todos os pedidos dos clientes são armazenados na base de dados e enviados ao gerente ao final do dia, com o objetivo de fazer o planejamento para o dia seguinte. Aqueles que não forem cumpridos ou planejados ficam na espera, seguindo o comportamento de chegada e os parâmetros de atendimento.

Os itinerários executados pelos veículos do PRG são definidos por meio de técnicas não matemáticas (empíricas) e não seguem estudos de pesquisa que permitam melhorar o sistema continuamente. Os roteiros de coleta são definidos baseados na experiência do pessoal administrativo da Gerência de Remoção Gratuita sem garantia da produtividade e qualidade do serviço prestado à sociedade.

Evidenciou-se também que existem deslocamentos improdutivos nos roteiros dos caminhões quando se geram pedidos cancelados na hora de atendimento ao cliente. Isso acontece porque as condições mínimas exigidas pela COMLURB (parâmetros de coleta) não são cumpridas pelos usuários.

Como consequência da baixa fiscalização na Gerência, alguns serviços ganharam prioridade sobre o conjunto total, evidenciado prioridades sobre o total das solicitações. Além disso, os bairros com pouca demanda e com distâncias maiores ficavam na fila de espera com períodos de até 8 dias para serem cumpridos. Isso gera uma acumulação

de pedidos de baixa demanda ao final do período máximo de atendimento, criando deslocamentos maiores e custos adicionais.

Outro aspecto de baixa improdutividade para os itinerários de coleta é a localização da Estação de Transferência, ponto de esvaziamento dos rejeitos, situada fora da zona sul, aumentando distâncias, tempos e custos nos roteiros. Além disso, gera interrupções nos pedidos, criando uma perda da linha de sequência de atendimento nos serviços diários.

Neste estudo identificou-se também que não existe um controle regular do plano de manutenção preventiva dos veículos, pois eles são facilmente substituídos por um caminhão extra, gerando replanejamento nas rotas dos veículos e improdutividade do serviço.

As maiorias dos dados fornecidos pela COMLURB não contêm as características próprias de representação espacial e atributos necessários para aplicar as técnicas computacionais e matemáticas do presente estudo. Para melhorar o foco da pesquisa, o primeiro passo foi achar o arquivo geográfico da rede rodoviária da cidade do Rio de Janeiro incluindo sua área metropolitana, o qual foi fornecido pelo Departamento de Engenharia Industrial da Puc-Rio, Área de Transporte e Logística.

Detectou-se também algumas limitações na representação do cenário real do PRG utilizando o *software* TransCAD, gerando o impedimento dos resultados desejados. Como método de solução, foi criada uma série de considerações especiais para o sucesso da pesquisa, sendo elas apresentadas a seguir.

4.2.1. Considerações especiais para o Programa de Remoção Gratuita

Uma das vantagens para solucionar problemas de roteirização por meio do *software* TransCAD é a representação de diversos cenários utilizando as características próprias do SIG-T. Porém, foram identificadas cinco limitações que diminuíram o sucesso do mapeamento desejado, como aconteceu no presente estudo. Para resolver o anterior, cinco foram as considerações utilizadas no encaminhamento de sucesso da pesquisa:

4.2.1.1.Criação do segundo turno de atendimento

Uma das características do *software* TransCAD é o período de tempo na simulação dos diferentes cenários. Para o estudo específico da presente pesquisa, o SIG-T considera períodos inteiros de atendimento, limitando a configuração dos turnos de atendimento do PRG.

Para resolver o problema anterior, foi criado o denominado segundo turno de atendimento, dentro do qual foi incluído o seu respectivo depósito (depósito 2), com veículos (H42, H44, H76 e H92) e janelas de tempo, considerando o funcionamento operativo do PRG no plano real. Os recursos físicos utilizados para o segundo turno são similares ao primeiro e atendem à seguinte relação: depósito 1 = depósito 2; H21 = H42 ; H22 =H44; H38=H76 ; H46=H92.

4.2.1.2.Carga no ponto: Método de Monte Carlo

Segundo dados da companhia de limpeza foi possível conhecer o cadastro das informações nos roteiros executados do PRG no período de tempo de estudo. Porém, os dados da demanda apresentaram-se em unidades, diferente do valor exigido pelo TransCAD em quilogramas. O método de Monte Carlo foi utilizado para resolver o problema anterior e criar valores aleatórios de demanda, considerando as informações fornecidas.

Segundo Faulin e Juan (2005), a simulação de Monte Carlo é uma técnica estatística que utiliza ferramentas computacionais para imitar o comportamento aleatório de sistemas reais não dinâmicos e podem ser simulados como eventos discretos ou contínuos.

Para o presente estudo, foi utilizada a simulação para eventos discretos, onde o comportamento muda em instantes de tempo determinados. Os momentos em que ocorrem alterações são identificados como os eventos do sistema ou simulação (Yauri, 2009). Os eventos identificados no Programa de Remoção Gratuita são o número de paradas dos veículos no período de tempo analisado, sendo o evento de análise nesta pesquisa.

O fator determinante na simulação de Monte Carlo é a identificação das variáveis onde o comportamento aleatório determina o comportamento global do sistema. Para conseguir isso, é necessário atender uma série de procedimentos para a geração dos números aleatórios nos eventos analisados, os quais são:

- *Identificação dos eventos a serem analisados (i)*: Amostragem do conjunto de eventos ocorrentes que apresentam comportamento aleatório. Elas são consideradas as variáveis aleatórias.
- *Frequência Absoluta (n_i)*: Número de vezes que o evento aparece na amostra.
- *Tamanho da amostra (N)*: Somatória total da Frequência absoluta.
- *Frequência Relativa (f_i)* : É a porcentagem do valor dos dados da frequência absoluta (n_i) em relação ao tamanho da amostra (N) (Caetano,2010)

$$f_i = \frac{n_i}{N} \quad \sum_{i=1}^n f_i = 1 \quad (100\%) \quad (5.1)$$

- *Frequência Relativa Acumulada (F_i)*: Número de vezes que aparece um valor menor ou igual à Frequência Relativa.
- *Distribuição de Probabilidades dos eventos*: É a representação gráfica da distribuição percentual dos eventos. Pode-se obter utilizando como dados de entrada os eventos (i), os quais representam as variáveis aleatórias, e a frequência relativa acumulada dos eventos, F_i . A figura 16 representa a distribuição de probabilidades para os eventos, sendo eles o número de paradas (clientes) para os veículos do PRG.
- *Amostragem de números aleatórios*: Geração dos números aleatórios, utilizando a função ALEATORIO () do Excel, com a qual é possível obter um número pseudoaleatório entre 0 e 1. Esses números respondem a duas características importantes no estudo; a primeira é que eles são distribuídos uniformemente, ou seja, eles têm a mesma probabilidade de ser gerados; e a segunda é que eles são estatisticamente independentes (Faulin e Juan, 2005).

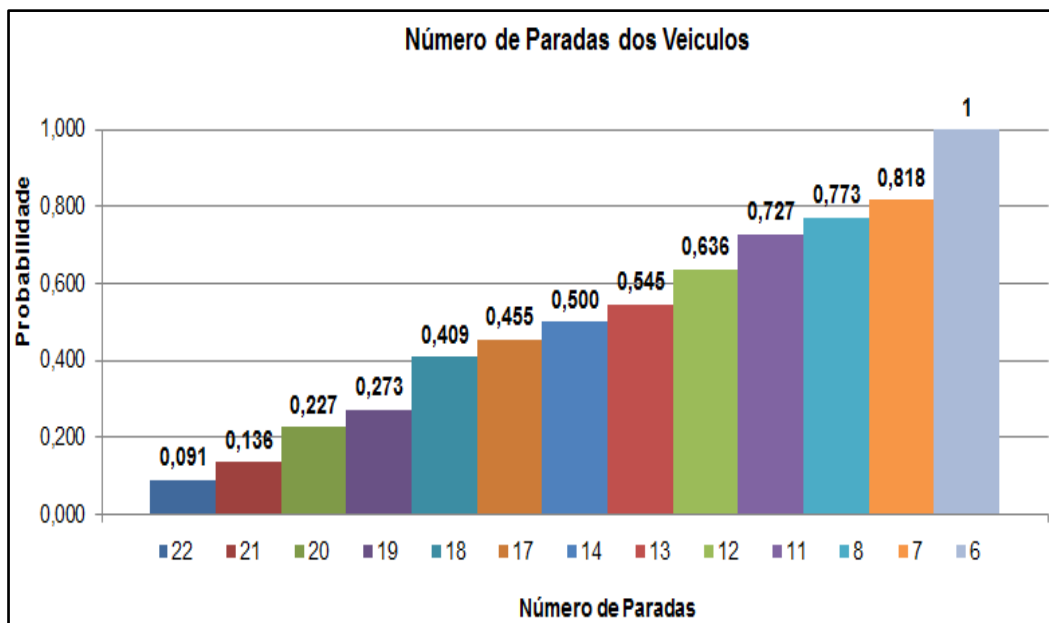


Figura 16- Distribuição de probabilidades do número de paradas dos veículos do Programa de Remoção Gratuita
Fonte: Autor.

- *Cálculo do evento na probabilidade de acontecimento (Monte Carlo).* Uma vez obtidos os números pseudoaleatórios de análise, faz-se uso do condicional SE do Excel para alocar o evento possível (probabilidade) das variáveis aleatórias (i) (número de paradas).
- *Cálculo da média para o evento e capacidade da frota do PRG:* Para o conjunto de eventos gerados pelo método de Monte Carlo, calcula-se somando o conjunto de valores e dividindo pelo número de elementos somados. A mesma operação é feita para o cálculo da média da frota do PRG, considerando como os elementos as capacidades dos veículos em quilogramas.
- *Cálculo da carga no ponto:* Divide-se a média da capacidade da frota do PRG pela média dos eventos gerados com o método Monte Carlo.

O valor gerado do procedimento anteriormente descrito representa a carga no ponto estimada pelo Método de Monte Carlo (em quilogramas), o qual foi usado no TransCAD como a demanda em cada cliente.

4.2.1.3. Pontos de esvaziamento

Uma vez coletados os Resíduos Sólidos Domiciliares na fonte geradora, eles são transportados até o ponto final onde são descarregados. A ação de descarregar os resíduos é conhecida como esvaziamento; a frequência deles depende da capacidade de carga dos veículos, portanto, depende do produto a ser coletado.

Uma das características na aplicação do Problema de Roteirização de Veículos com Janela de tempo faz referência ao depósito, sendo este o início e o fim para cada roteiro. A rotina utilizada no *software* TransCAD para o planejamento das rotas funciona similarmente, gerando os roteiros para o conjunto de veículos.

O limitante da presente consideração foi definido por Pelizaro (2000) como o início-término da rota, o qual acontece para veículos que podem visitar os depósitos durante o roteamento. Uma variação dele ocorre quando pontos específicos precisam ser visitados antes de retornar ao depósito, como é o caso da presente pesquisa, sendo necessário o deslocamento dos caminhões até o ponto de disposição final, com o objetivo de esvaziar os rejeitos e retornar ao depósito, seguindo o regulamento estabelecido pelo PRG.

Com o objetivo de solucionar o presente acontecimento e simular o serviço de coleta do PRG por meio do SIG-T, foi necessário criar e incluir dentro do *layer clientes* oito pontos adicionais por dia, um para cada caminhão, chamados de pontos de esvaziamento e com um valor artificial de demanda de 1 Kg. O objetivo principal desses é representar numérica e espacialmente a estação de transferência de Caju e, de acordo as configurações no SIG-T, gerar a Janela de Tempo que permita ao sistema incluí-los dentro de cada roteiro para o conjunto de veículos, a qual foi definida de acordo aos estudos de tempo de permanência média do caminhão na parada de esvaziamento: 20 minutos.

Para simular o anteriormente mencionado, utilizou-se a ferramenta de alocação de depósito (*assigned depot*) para configurar os oito pontos de esvaziamento por dia em TransCAD, sendo alocados quatro pontos de

esvaziamento para o depósito 1 (primeiro turno) e quatro pontos de esvaziamento para o depósito 2 (segundo turno).

4.2.1.4. Pontos órfãos

O planejamento das rotas feito pelo PRG considera a amostra de clientes diária, a qual tem como característica um comportamento variável que gera uma sobrecarga no sistema, limitando o cumprimento do serviço. Araújo (2014) argumenta que, devido à crescente demanda de solicitações no PRG, foi necessário estabelecer um período de atendimento máximo dos pedidos de 10 dias a partir da data de requerimento, como método de solução.

Da mesma forma que acontece na companhia de limpeza no plano real, o comportamento variável da demanda de clientes no TransCAD apresenta-se como uma limitante na criação dos roteiros. Ao processar os dados dentro do *software* com a rotina do Problema de Roteirização de Veículos com Janela de tempo, existe a probabilidade de que alguns desses clientes fiquem fora dos roteiros, sendo eles chamados de pontos órfãos (*orphans*). Existem duas opções que são possíveis para solucionar o anterior: a primeira é criar uma rota para o conjunto de pontos órfãos e atendê-la num dia posterior; a segunda opção é deixar esses pontos como dados de entrada para o dia seguinte, processá-los com o conjunto de clientes a servir e tentar incluí-los.

4.2.1.5. Janelas de Tempo rígidas versus flexíveis

As Janelas de Tempo utilizadas no presente estudo, além de representar períodos, têm uma característica interna que as identifica. Solomon e Desrosiers (1988) argumentam que para *Janelas de Tempo rígidas*, se um veículo chega ao cliente muito cedo ele aguardará, sendo considerado no presente estudo como o tempo de início do atendimento do cliente j (b_j). Para as Janelas de Tempo flexíveis, elas podem ser violadas, considerando um custo ou penalidade.

Devido ao anterior, dentro da presente pesquisa identificou-se que as janelas de clientes são muito amplas embora não sejam flexíveis. As janelas de tempo dos esvaziamentos podem ser consideradas como *rígidas* com uma amplitude muito menor do que as demais (20 minutos).

4.3. Metodologia de planejamento das rotas com o uso do SIG-T

O processo de planejamento de rotas por meio do *software* TransCAD versão 5.0 atende as características solicitadas para resolver o presente estudo de caso . O primeiro passo é coletar uma série de informações de entrada; em seguida, transformá-las por meio do SIG-T TransCAD e finalmente obter os resultados, representados em relatórios a serem executados para a coleta, transporte e disposição final dos rejeitos.

4.3.1. Coleta de dados

A coleta de dados para a simulação dos diferentes cenários consistiu em procurar as informações necessárias a serem utilizadas como fonte de entrada na análise. Com isso, foi possível criar as representações geográficas no *software* TransCAD versão 5.0.

De acordo com os dados fornecidos pela Gerência do PRG, as informações foram obtidas para cinco dias de coleta com os indicadores de quilometragens executadas, tempos, pontos de serviço e unidades coletadas no roteiro para cada um dos veículos.

Com base nos arquivos geográficos iniciais de estudo da Puc-Rio (rede viária e pontos disponíveis), identificou-se a localização geográfica das paradas a serem atendidas pelos veículos na execução da tarefa, utilizado o *software* TransCAD versão 5.0 para gerar o primeiro mapeamento, como é apresentado na figura 17.

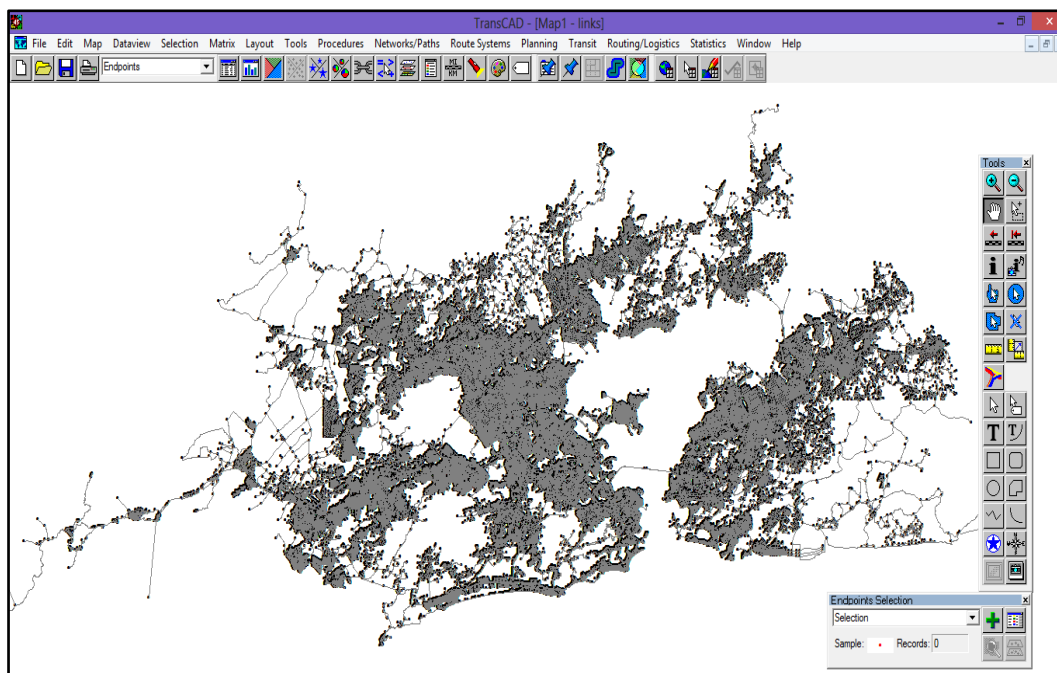


Figura 17- Plano da rede rodoviária e conjunto de paradas possíveis no Rio de Janeiro/ TransCAD para Windows.

Fonte: Autor.

Para o mapeamento da figura 17 no *software* configuraram-se os dados da seguinte forma: *opção Add layer, selecionar o arquivo linkscidade.dbd. e por último ativar a opção show EndPoints*. Com as opções anteriores foi possível fazer a representação geográfica dos dados por meio de linhas, as quais representam ruas, estradas ou avenidas; e os *EndPoints* que são os pontos extremos dos arcos.

Com base nos dados dos indicadores fornecidos pela companhia de limpeza, as coordenadas das latitudes e longitudes foram calculadas para cada um dos clientes servidos. Para isso, foram aplicados os seguintes recursos:

- Programa de georeferenciamento de paradas (longitudes e latitudes) Fonte: stevemorse.org. (2013). Opção: Decimal
- Programa de georeferenciamento de paradas (longitudes e latitudes) Fonte: batchgeo.htm.(2013). Opção: Decimal
- Programa de georeferenciamento de paradas (longitudes e latitudes) Fonte: google.com.br/maps.(2013). Opção: Decimal
- *Inputs* ou dados de entrada com os endereços de cada um dos clientes a serem estudados (Araújo, 2014).

Os programas mencionados permitiram obter os dados com as coordenadas exatas de longitudes e latitudes para representar espacialmente os clientes a serem servidos no PRG. Se algum dos programas não conseguiu o valor exato, foi necessário considerar o ponto de atendimento-parada mais próximo ao ponto de coleta, seguindo os parâmetros estabelecidos pela COMLURB.

Devido às variações no comportamento da demanda diária de clientes, foi necessário atualizar as informações do arquivo *linkscidade.dbd* tantas vezes quanto o número de amostras (5 dias de estudo) a serem analisadas na presente pesquisa.

4.3.2. Dados de entrada para o software TransCAD

Para a aplicação e tratamento dos dados de acordo com os requerimentos mencionados anteriormente, o *software* TransCAD versão 5.0 utiliza uma série de informações de entrada para a criação dos cenários a serem estudados, sendo elas as seguintes:

4.3.2.1. Camada de dados (layer)

O *layer*, também conhecido como camada de dados é a representação gráfica dos dados no plano. Cada *layer* é um conjunto de características similares, como os pontos, linhas e áreas. Pode-se controlar o conteúdo dos *layers* a serem representados dentro do seu sistema de mapeamento, escolhendo-se quais devem ser incluídos e/ou desenhados (Lu, 2008).

Cada layer está formado por dois arquivos principais. O primeiro é o arquivo binário, também conhecido como tabela dos atributos que contém as informações qualitativas e quantitativas dos dados. O segundo é o arquivo geográfico com o conteúdo das informações espaciais. A sequência para criar os *layers* é a seguinte: *opção File-Open ; selecionar o arquivo de Excel (Excel worksheet) e abrir; o software vai criar o arquivo binário (.bin)- opção salvar; a seguir o software vai criar o arquivo geográfico-opção salvar.*

Para criar o *layer clientes* é necessário fornecer um arquivo Excel worksheet (.xls) para o software TransCAD. Nesse estão inseridas os dados das informações espaciais dos clientes (latitudes e longitudes) e as restantes fornecidas pela companhia de limpeza para o PRG, sendo estas: *número de referencia (ID)*- número de identificação de cada cliente; *demanda na parada*- quantidade de rejeito em quilogramas a ser removido; *janela de tempo de início (open time)*- tempo de início da atividade; *janela de tempo de fim (close time)*- tempo de finalização da atividade; *tempo de serviço fixo (fixed time)*: tempo estabelecido para prestar o serviço em cada cliente; *número de Nó ID (Node ID)*- número de identificação de cada ponto de parada final (*EndPoint*) da rede; *alocação de depósito (assigned depot)*- alocação de pontos no depósito.

Além do *layer clientes*, foram criadas ou atualizadas camadas de dados adicionais para o sucesso na simulação dos cenários, como se segue: *layer links*- camada de dados que contém as informações das ruas, avenidas, praças, etc. da cidade do Rio de Janeiro; *layer EndPoints*- camada de dados que contém as informações dos pontos extremos dos arcos; *layer depósitos*- camada de dados que contém as informações dos depósitos alocados para os veículos.

Uma vez definidos os *layers* a serem utilizados, inicia-se o processo de representação espacial, conhecido como o mapeamento do PRG no SIG-T TransCAD, sendo representado para cada dia de estudo. Um exemplo é apresentado na Figura 18.

O mapeamento mostra a demanda diária do Programa de Remoção Gratuita na zona sul da cidade, representada pelos pontos vermelhos, contidas no *layer clientes_Out_2014*. Cada ponto identifica um cliente e, portanto, um serviço de coleta a ser cumprido.

Além da representação da demanda, o plano mostra o depósito do serviço de remoção gratuita, identificado com o ponto azul, contido no *layer depot_GT Out*. Este representa o ponto de partida e de chegada dos veículos.

Para o transporte dos rejeitos até a estação de transferência de Caju foi necessário utilizar a consideração especial de demanda de

esvaziamento. A localização espacial da ETRs é representada pelo ponto vermelho da parte superior da tela, ressaltado em verde.

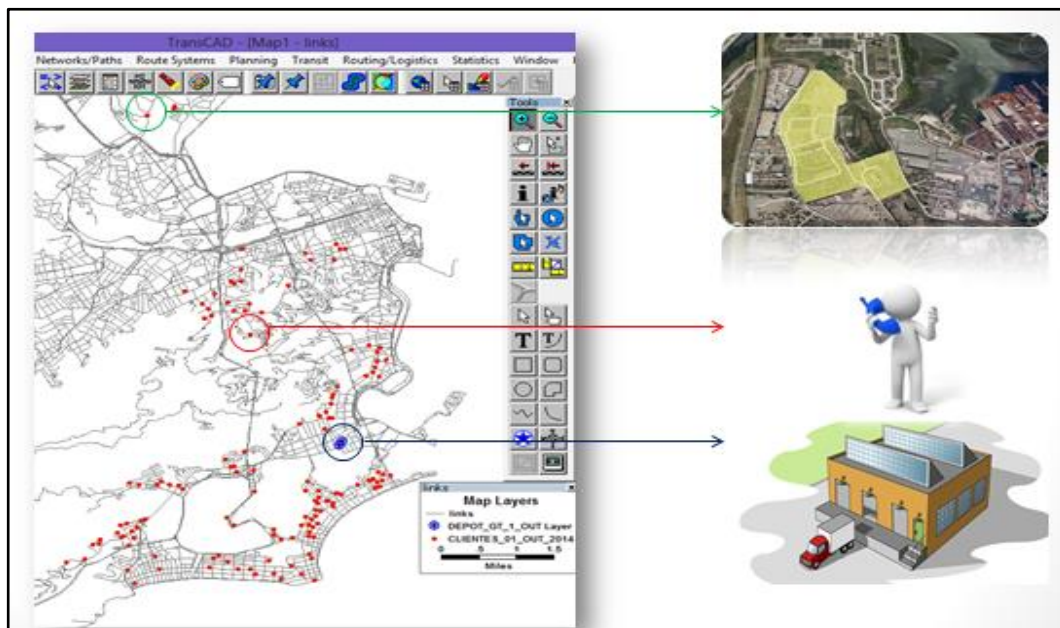


Figura 18- Mapa de layers do Programa de Remoção Gratuita, 01/10/2014
Fonte: Autor.

4.3.2.2. A rede (Network)

A *Network* é a estrutura dos dados que representam o fluxo nas redes de transporte. Esta é armazenada de uma maneira altamente eficiente, permitindo ao TransCAD resolver problemas de encaminhamento rapidamente (Caliper, 2007).

Neste estudo o seguinte passo foi criar a *Network*, arquivo que contém a rede matemática. Os cálculos numéricos das distâncias, tempos, sentidos das ruas e informação adicional estão inseridos, junto com os dados que compõem o grafo da figura 17. Dentro deste arquivo foram configurados os dados com a seguinte sequência: *Opção Geographic file- linkscidade.dbd.* ; na lista suspensa de layer, selecionar *links*; a seguir ir a *Network/Paths>Create* e selecionar os atributos: *LENGHT:1* e *tempo*; finalmente aceitar.

Para cada cenário analisado dos roteiros foi necessário criar uma *Network* diferente, devido às mudanças nas informações. É importante destacar que a *Network* é o arquivo de entrada que compõe a rede e

permite ao *software* processar os dados, pelo qual é importante atualizá-la sempre que os dados de entrada dos *layers* sejam alterados.

4.3.2.3. Matriz (Matrix)

As matrizes são arquivos que armazenam informações essenciais na análise de dados em TransCAD, como fluxos, distâncias e tempos de viagens. No *software* pode-se criar, editar, manipular e combinar as matrizes de muitas maneiras diferentes como apoio no processamento de dados (Caliper, 2007).

No presente estudo foram criadas as matrizes para calcular as distâncias e os tempos entre cada par (i, j) como é apresentado no exemplo da Figura 19. Para isso, a configuração do *software* na criação das matrizes é a seguinte: opção *Procedure-Routing/Logistics*; depois escolher *Vehicle Routing Problem*; a seguir ir à opção *Matrix - Create Routing Matrix* e configurar o sistema (*Minimize:Distance* ; *Distance: LENGTH: 1* ; *Time(min): Tempo*).

As informações fornecidas pelas matrizes permitem estabelecer as distâncias e tempos entre cada par de pontos considerando os clientes e os depósitos a serem atendidos no PRG. Considerando como função objetivo a minimização de distâncias, o *software* aloca os clientes nas rotas para logo serem executadas pelos veículos.

	25174	25175	25255	25262	25268	25295	25335	25363	25382	25383	25386	25398
25174	0.00	0.20	6.16	5.93	4.75	8.81	9.93	9.00	8.22	8.29	7.97	7.68
25175	0.20	0.00	5.96	5.73	4.55	8.61	9.73	8.80	8.02	8.09	7.77	7.48
25255	6.16	5.96	0.00	3.13	4.94	2.91	4.03	3.10	2.32	2.39	2.07	1.78
25262	5.93	5.73	3.13	0.00	2.57	5.78	6.90	4.87	5.19	5.26	4.64	4.65
25268	4.75	4.55	4.94	2.57	0.00	6.06	7.03	4.84	5.47	5.54	4.71	4.95
25295	8.81	8.61	2.91	5.78	6.06	0.00	1.12	2.81	0.59	0.52	1.39	1.13
25335	9.93	9.73	4.03	6.90	7.03	1.12	0.00	3.78	1.71	1.64	2.32	2.25
25363	9.00	8.80	3.10	4.87	4.84	2.81	3.78	0.00	2.22	2.29	1.46	1.70
25382	8.22	8.02	2.32	5.19	5.47	0.59	1.71	2.22	0.00	0.07	0.93	0.54
25383	8.29	8.09	2.39	5.26	5.54	0.52	1.64	2.29	0.07	0.00	1.00	0.61
25386	7.97	7.77	2.07	4.64	4.71	1.39	2.32	1.46	0.93	1.00	0.00	0.66
25398	7.68	7.48	1.78	4.65	4.95	1.13	2.25	1.70	0.54	0.61	0.66	0.00
25420	7.84	7.63	1.94	4.80	5.09	0.97	2.10	1.84	0.39	0.46	0.55	0.15
25434	8.45	8.25	2.55	4.71	4.76	2.26	3.23	0.65	1.68	1.75	0.91	1.15
25451	8.34	8.14	2.63	4.10	4.13	2.54	3.51	0.85	1.95	2.02	1.19	1.43
25476	7.37	7.17	1.47	4.34	4.79	1.44	2.56	1.71	0.85	0.92	0.67	0.31
25484	7.63	7.43	1.73	4.56	4.63	1.58	2.66	1.39	0.99	1.06	0.35	0.45
25485	7.48	7.27	1.58	4.44	4.88	1.33	2.46	1.63	0.75	0.81	0.59	0.21
25535	7.28	7.08	3.54	2.56	2.53	4.20	5.17	2.49	3.61	3.68	2.85	3.09
25536	7.13	6.93	3.76	2.41	2.38	4.41	5.39	2.71	3.83	3.90	3.07	3.30
25544	6.90	6.70	4.59	3.24	2.18	5.22	6.20	3.17	4.63	4.70	3.88	4.11

Figura 19- Exemplo de matriz de distâncias entre cada par (i, j) .

Fonte: Autor.

4.3.2.4. Tabela dos veículos

A tabela dos veículos é um arquivo que contém as informações da frota de caminhões disponíveis para cada depósito criada principalmente para analisar cenários de planejamento de roteiros, alocações, capacidade, etc. (Caliper, 2007). A configuração no *software* para criar a tabela de veículos é a seguinte: *opção Procedure-Routing/Logistics*, *escolher a opção Vehicle Routing Problem*; e por último *ir ao Vehicle-Create Vehicle Table*.

Para criar a tabela dos veículos foram consideradas as informações sobre a frota de trabalho do PRG, como é apresentada na tabela 6. As principais são descritas assim: *número de depósito ID (depot ID)*- número de identificação para cada depósito no ponto final dos arcos (*endpoint*) da rede, além disso, os depósitos representam o período de atendimento do PRG (seja no 1 ou 2 turno de atendimento); *tipo de veículo (type)*- número de identificação do caminhão; *capacidade (capacity)*- capacidade máxima de carregamento do caminhão; *número de veículos (Num_Vehs)*- quantidade de veículos disponíveis; *custo (cost)*- custo por quilometragem executada.

Tabela 6- Tabela dos veículos dentro do SIG-T TransCAD.

Número de Depósito	Tipo de Veículo	Capacidade	Nº Veículos	Custo
1	H21	7000	1	1
1	H22	7000	1	1
1	H38	7000	1	1
1	H46	3000	1	1
2	H42	7000	1	1
2	H44	7000	1	1
2	H76	7000	1	1
2	H92	3000	1	1

Fonte: Autor

Segundo Araújo (2014) os caminhões que trabalham no programa de remoção gratuita de 7 metros cúbicos, têm capacidade de carga máxima de 7000 Quilogramas e os veículos de 3 metros cúbicos, têm capacidade de carga máxima de 3000 Quilogramas. Para garantir que

não existissem problemas de variação dos roteiros em condições normais, este estudo foi feito com dias de coleta onde os veículos apresentavam a característica de caminhões da frota fixa. O custo por quilômetro é assumido com um valor representativo de R\$1,00 e representa o consumo de combustível no presente estudo, considerando a função objetivo de minimizar as distâncias nos roteiros.

A tabela de veículos é o último componente dos arquivos de entrada (*inputs*) necessários para o processamento dos dados no *software* TransCAD versão 5.0. Em seguida, inicia-se o processamento dos dados com o uso da rotina de estudo para o problema de roteirização definido.

4.3.3. Processamento dos dados em TransCAD: O Problema de Roteirização dos Veículos com Janela de Tempo (PRVJT)

A rotina utilizada para a criação dos roteiros dos caminhões é o Problema de Roteirização de Veículos (PRV) do *software* TransCAD versão 5.0. Caliper (2007) argumenta que a rotina PRV resolve problemas de roteirização de veículos com janelas de tempo (PRVJT), problemas de frota heterogênea, problemas de entrega ou coleta de produtos e restrições de comprimento de rotas, entre outras.

Devido à existência de restrições de tempo, a rotina foi configurada com as características próprias do Problema de Roteirização de Veículos com Janelas de Tempo (PRVJT). Existem três restrições, denominadas janelas de tempo, que foram incluídas no presente estudo para a resolução do Problema de Roteirização; sendo elas:

- Janela de Tempo de Clientes: o cliente pode ser servido no intervalo de tempo entre 7:00 e 22:40 horas. Se o atendimento ocorre no primeiro turno, será de 7:00 às 14:20 horas. Se o atendimento for no segundo turno, será de 15:20 às 22:40 horas.
- Janela de Tempo do depósito: o depósito funciona no primeiro turno de 7:00 às 14:55 horas e no segundo turno, de 15:20 às 23:15 horas.
- Janela de Tempo do ponto de esvaziamento: o ponto de esvaziamento tem sua própria Janela de Tempo, com o início de

14:20 às 14:40 horas para o primeiro turno e de 22:40 às 23:00 horas para o segundo turno de acordo com a análise das informações (Araújo, 2014).

Além das janelas mencionadas, existem períodos de tempo adicionais identificados no presente estudo: *tempo de retorno ao depósito* - tempo desde o ponto de esvaziamento até a chegada ao depósito; *tempo de deslocamento (i,j)* - tempo implementado para viajar do cliente *i* até o cliente *j*; *entrega de turno* - tempo utilizado pelo pessoal executor das atividades para entregar o trabalho do dia, incluindo o período de almoço. A distribuição das Janelas de Tempo é apresentada na Figura 20.

PRIMEIRO TURNO				SEGUNDO TURNO			
7:00	14:20	14:40	14:55	15:20	22:40	23:00	23:15 23:40
Atendimento de Clientes	Esvaziamento	Retorno ao Depósito	Entrega de turno	Atendimento de Clientes	Esvaziamento	Retorno ao Depósito	Entrega de turno
Horario de Funcionamento dos Depósitos				Horario de Funcionamento dos Depósitos			

Figura 20- Janelas de Tempo do Programa de Remoção Gratuita
Fonte: Autor

Para a presente pesquisa foram consideradas as janelas de tempo e as informações de entrada dos diferentes elementos que compõem o Grafo. Uma vez obtidas, inicia-se o processamento dos dados com a rotina do Problema de Roteirização dos Veículos, configurada da seguinte forma: *opção: Procedures- Routing/Logistics- Vehicle Routing; escolher em Mode- Pickup; escolher em Depot- Dataview name- Layer Depósitos; a seguir, em stops escolher Dataview name-Layer:Clientes.; para a opção Matrix, escolha-se Create Routing Matrix- Minimize: Distance; abrir a tabela de veículos criada, na opção Vehicle-open; finalmente, opção Go.*

4.3.4.Saídas em TransCAD: Relatórios

Como resultado do processamento dos dados, são obtidas as saídas, conhecidas como os *Outputs* do *software*. Elas vão proporcionar as informações de solução do Problema de Roteirização dos Veículos e

serão analisadas para o melhoramento dos roteiros. O conjunto de saídas gerado pelo TransCAD versão 5.0 é:

- *Relatório do Itinerário de Rotas (.txt)*: Arquivo com o resumo da informação dos roteiros de cada veículo. Nele estão contidas: o *número de rota (Route #)*; *tipo (Veh.Type)* e *capacidade do caminhão (Capacity)*; *distância (Tot. Dist.)* e *tempo total (Tot. Time)* do roteiro; a *sequência (Name)*, *tempo (Arrival-Depart)*, *quilogramas (Pickup)* e *distância (Dist.)* para cada ponto.
- *Mapa de roteamento (.rts)*: Arquivo com os resultados espaciais dos relatórios. Pode ser visualizado de duas formas: Como *mapa de roteamento consolidado*, representado com o conjunto de rotas para o total de veículos; ou como *mapa de roteamento por veículo*, representado pelo mapa da rota para cada veículo, visualizado com a edição da rotina no presente caso de estudo.

Uma vez obtidas as saídas, existem pontos que não são alocados para nenhuma rota na solução final. Esses pontos são conhecidos como órfãos. O problema de Roteamento de Veículos permite utilizar a ferramenta de edição para incluí-los dentro do roteiro ou excluir aqueles que formam parte da rota para fora dela, convertendo-os em isolados. (Caliper, 2007).

Com as opções de entrada, execução e edição de dados, o seguinte passo é analisar as informações obtidas. O capítulo a seguir descreve o procedimento de análise dos resultados para um exemplo didático e na frota total de veículos do PRG.

5. Apresentação dos dados e análise dos resultados

Neste capítulo são apresentados os resultados e as análises para o planejamento das rotas do Programa de Remoção Gratuita da COMLURB. Com o apoio do SIG-T foram processados os dados de entrada por meio da rotina do Problema de Roteirização dos Veículos (PRV) e as restrições de tempo, denominadas Janelas de Tempo. Em seguida, são exibidos os resultados (*Outputs*) que vão ser analisados para um exemplo didático e para o total dos veículos do PRG.

5.1. Exemplo didático: Planejamento da rota no veículo H21, 01/10/2014.

O presente exemplo didático descreve em detalhe o planejamento da rota utilizando o SIG-T para o veículo H21 no dia 01 de outubro de 2014. Apresenta-se um procedimento até obter os resultados finais de análise do caminhão mencionado. A finalidade deste exemplo é explicar detalhadamente as entradas e saídas do procedimento. Na seção seguinte serão apresentados os resultados para o total de veículos do PRG.

Os resultados obtidos para o planejamento dos itinerários de coleta foram produzidos por meio do *software* TransCAD versão 5.0. A rotina utilizada para a criação dos roteiros foi o *Vehicle Routing Problem*, também conhecido como o Problema de Roteirização de Veículos, considerando as restrições de tempo, denominadas janelas de tempo.

O SIG-T utilizado gera dois tipos de informações de saída (*outputs*): os *atributos*, representados por meio de tabelas com os dados qualitativos e quantitativos dos itinerários a serem executados pelos caminhões; e as *informações espaciais*, as quais contêm as representações geográficas com o conjunto dos pontos a serem atendidos, sendo o roteiro do veículo.

A criação dos itinerários e os roteiros para os caminhões inclui a geração do plano para oito veículos por dia: H21, H22, H38 e H46 no primeiro turno; H42, H44, H76 e H92 para o segundo turno, como é apresentado na Figura 21. Com isso, as análises foram realizadas considerando uma amostra de cinco dias de coleta de resíduos, sendo os dias 01, 02, 03, 04 e 07 de outubro de 2014.











Veículos 1 Turno	Depósitos 1 Turno	Veículos 2 Turno	Depósitos 2 Turno
 H21  H22  H38  H46	 Depósito 1	 H42  H44  H76  H92	 Depósito 2

Figura 21- Depósitos e veículos do Programa de Remoção Gratuita.
Fonte: Autor.

O primeiro passo do exemplo didático foi coletar as informações do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio (arquivo geográfico da rede rodoviária do município do Rio de Janeiro) e os indicadores cadastrados pela Gerência de Remoção Gratuita, estes últimos apresentados na tabela 7:

Tabela 7- Indicadores da rota do PRG do veículo H21, 01/10/2014.

Indicador	Un.	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado / Depósito	Total
Percurso	Km	1	3	11	7	16	37
Tempo	h		0:20	4:52	1:10	0:37	6:59
Clientes	Un.		0	19	0	0	19
Kg Colet.	Kg		0	4302	0	0	4302

Fonte: adaptado de Araújo (2014) e Castro (2006).

As informações da tabela anterior contêm o cadastro do roteiro para o veículo H21 em 01 de outubro de 2014 com as seguintes informações: *Indicador*- representa a variável de medida; *Un.*- refere-se a unidade de medida utilizada; *turno de atendimento*; período de serviço do caminhão no PRG; *Depósito/ Setor*- indicador cadastrado desde a saída do Depósito (Gerência zona sul) até o primeiro cliente do setor de coleta; *Setor*- indicador cadastrado desde o primeiro cliente atendido até o último cliente do itinerário de coleta; *Setor/esvaziado*- indicador cadastrado para o deslocamento do veículo do setor de atendimento até a estação de transferência; *Esvaziado/depósito*- indicador de deslocamento do veículo desde a ETRs até o retorno à Gerência zona sul.

Com os dados de entrada, o seguinte passo foi configurar o *software* TransCAD versão 5.0 e processar as informações, considerando os tempos e as distâncias entre cada par origem-destino para o conjunto de clientes a serem servidos. Uma vez feito, obtém-se as saídas com os relatórios das rotas individualizados para o veículo H21.

O primeiro arquivo gerado como saída do *software* foi o relatório do itinerário da rota para o veículo H21, apresentado na tabela 8. Nele, têm-se as informações gerais de roteamento do SIG-T para o caminhão mencionado: rota estabelecida, a sequência e os endereços dos clientes, tempos de serviço, quantidade em quilogramas da carga a ser coletada, tempos e distâncias totais do itinerário de coleta, etc. O objetivo deste relatório é informar a sequência do conjunto de clientes dentro do plano de rota do veículo H21, sendo ele compreensível por qualquer nível hierárquico da companhia de limpeza.

As informações de entrada no *software* foram configuradas para gerar o planejamento das rotas considerando uma amostra de clientes diária. Portanto, os roteiros gerados no SIG-T procuram atender a demanda de clientes máxima de acordo com a capacidade dos veículos. Isto foi evidenciado de acordo com os indicadores da companhia de limpeza, que serviram 19 clientes. Para o planejamento com o *software* TransCAD considera-se que podem ser servidos 20 pedidos, como é apresentado no relatório do itinerário de rota.

Tabela 8- Relatório do itinerário de rota do veículo H21, 01/10/2014.

Route	#: 2 Tot Time: 4:33	Capacity : 7000.0		
Veh.	Type: 21 Tot Dist: 36.8	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	10:15am		
1	RUA FRANCISCO OTAVIANO , 2	10:23am-10:33am	4.2	345.0
2	RUA BULHOES DE CARVALHO, 1	10:34am-10:44am	0.4	345.0
3	AV. RAINHA ELIZABETH,758,I	10:45am-10:55am	0.3	345.0
4	RUA TEIXEIRA DE MELO, 37,	10:55am-11:05am	0.2	345.0
5	RUA SAINT ROMAN , 408, COP	11:06am-11:16am	0.5	345.0
6	RUA NASCIMENTO SILVA,7,IPA	11:17am-11:27am	0.8	345.0
7	RUA NASCIMENTO SILVA,4,IPA	11:27am-11:37am		345.0
8	RUA VISCONDE DE PIRAJA,288	11:38am-11:48am	0.5	345.0
9	RUA PRUDENTE MORAIS,699, I	11:49am-11:59am	0.1	345.0
10	RUA PRUDENTE MORAIS,699, I	11:59am-12:09pm		345.0
11	RUA VISCONDE DE PIRAJA,366	12:09pm-12:19pm	0.3	345.0
12	RUA REDENTOR,131, IPANEMA	12:20pm-12:30pm	0.3	345.0
13	RUA BARAO DE JAGUARIBE ,22	12:30pm-12:40pm	0.3	345.0
14	RUA NASCIMENTO SILVA,477,I	12:41pm-12:51pm	0.2	345.0
15	RUA MAJOR RUBENS VAZ,551,	12:55pm- 1:05pm	2.5	345.0
16	PRACA SANTOS DUMONT,708, G	1:06pm- 1:16pm	0.3	345.0
17	PRACA SANTOS DUMONT,20, GÁ	1:16pm- 1:26pm	0.0	345.0
18	RUA JARDIM BOTANICO,673,JA	1:28pm- 1:38pm	1.1	345.0
19	RUA LOPES QUINTAS,154, JAR	1:38pm- 1:48pm	0.1	345.0
20	RUA ARAUCARIA,159, JARDIM	1:51pm- 2:01pm	1.6	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	11.1	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			36.8	6901.0

Fonte: Autor.

O segundo arquivo gerado como saída é o mapa de roteamento consolidado. Com a entrada dos dados para o planejamento das rotas do dia 01 de outubro de 2014, geram-se diferentes roteiros a serem executados pelos veículos do PRG no primeiro e no segundo turno, sendo ilustrados com cores na Figura 22. O objetivo dele é de carácter gráfico, permitindo conhecer espacialmente os pontos de parada final para atender os clientes em cada uma das rotas estabelecidas pelo SIG-T. Esses roteiros estão representados por arcos na rede de cada rota.

Para localizar geograficamente os pontos de serviço a serem atendidos pelo veículo H21, o SIG-T permite visualizar o mapa de roteamento por veículo em cor azul com as respectivas paradas (*stops*) alocadas por meio do editor da rotina do PRV, apresentado na Figura 23.

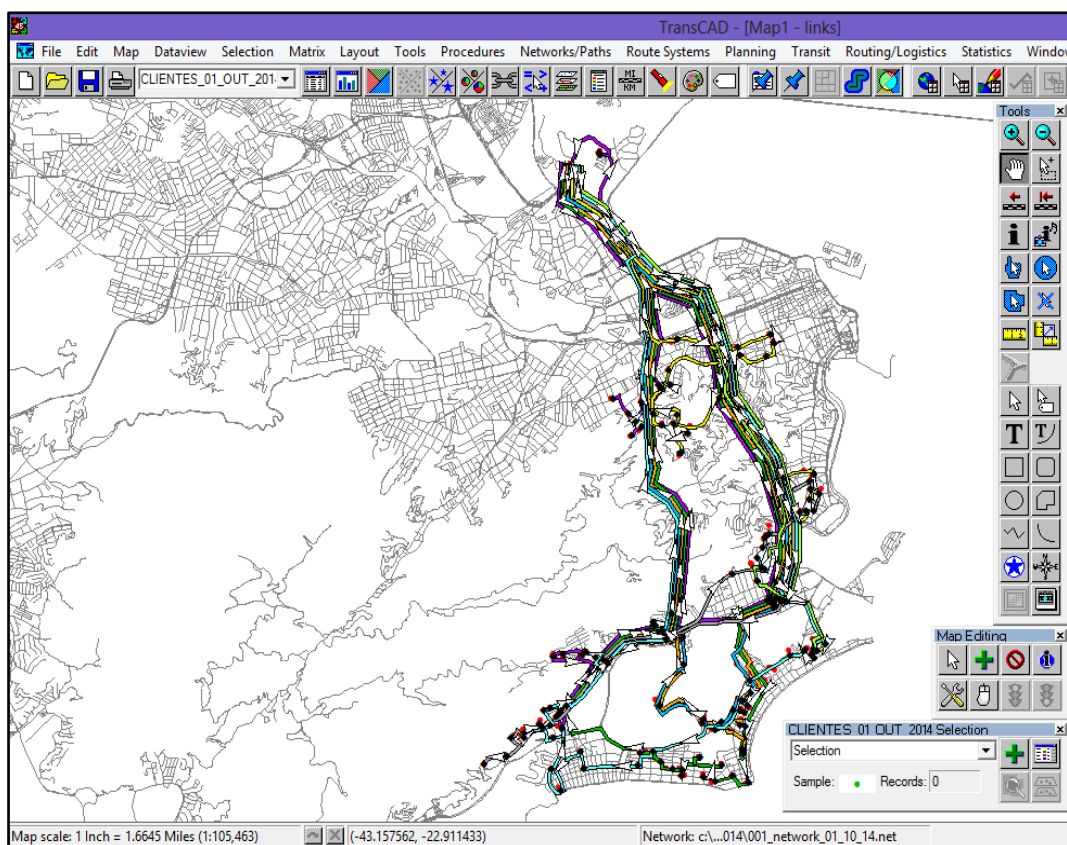


Figura 22- Mapa de roteamento consolidado, 01/10/2014.

Fonte: Autor.

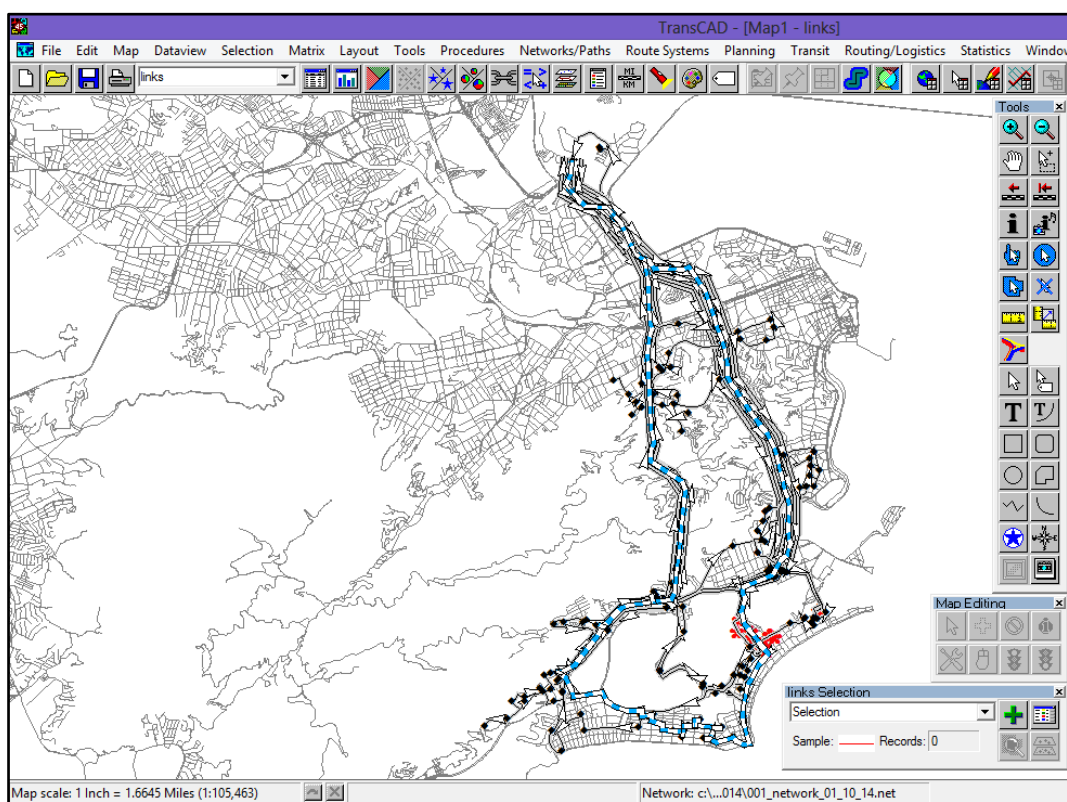


Figura 23- Mapa de roteamento, veículo H21, 01/10/2014.

Fonte: Autor.

Uma vez obtidas as informações dos relatórios do SIG-T e as fornecidas pela COMLURB, inicia-se o processo de análise comparando as distâncias e tempos entre elas. É importante mencionar que dentro da presente pesquisa a abordagem na função objetivo é planejar as rotas com o menor percurso possível, considerando as distâncias e tempos entre cada par origem-destino. Com base no anterior, foram analisadas as informações para o veículo H21, considerando um esvaziamento por rota planejada, como é apresentado na tabela. 9.

Tabela 9- Análise dos resultados do veículo H21, 01/10/ 2014.

Dia	Turno	Veículo	(Km_1)	(Km_2)	(%_1)	(h_1)	(h_2)	(%_2)
01 out	1	H21	37	36,8	0,54	6:59	4:33	34,84

Fonte: adaptado de Lima et al. (2012), Autor.

Onde:

(Km_1): Distância total executada no itinerário da COMLURB.

(Km_2): Distância total executada com o uso do SIG-T.

(%_1): Redução percentual da distância total.

(h_1): Tempo de viagem total no itinerário da COMLURB.

(h_2): Tempo de viagem total com o uso do SIG-T.

(%_2): Redução percentual do tempo de viagem total.

De acordo com os resultados anteriores, a distância total executada pelo veículo H21 com o uso do SIG-T TransCAD versão 5.0 é reduzida em 0,54% em comparação com a distância total feita no itinerário da COMLURB. Além disso, o tempo utilizado pelo SIG-T diminui 34,84 % em comparação com o plano real. A melhoria da distância do roteiro para veículo H21 deve-se ao fato de que para a criação da rota de coleta, o software TransCAD considera as matrizes de Distancia (s) e Tempo(s) origem-destino entre cada par de pontos de parada (pedidos de clientes) para cada dia de análise, incluindo os depósitos. Com o foco na função objetivo (F.O.) de minimizar as distâncias e considerando as matrizes mencionadas, o software consegue criar o roteiro que melhor atende a F.O. dentro da rede rodoviária do Rio de Janeiro. O mesmo

comportamento acontece para a variável de tempo, considerando a sua respectiva matriz.

Conhecendo as informações espaciais e numéricas do plano de rota do caminhão H21, a responsabilidade agora deve ser assumida pelo recurso humano, encarregado de planejar, executar, analisar e controlar os roteiros estabelecidos para o conjunto de caminhões do programa nos dias de serviço, de segunda-feira a sábado.

5.2. Aplicação: Planejamento das rotas de coleta para o conjunto de veículos no plano consolidado

Esta seção apresenta o resultado do planejamento consolidado e individualizado das rotas para os veículos do PRG no período de tempo analisado. Seguindo as etapas do procedimento de análise apresentadas no estudo didático, apresenta-se agora a análise para a geração dos itinerários totais dos veículos.

O primeiro passo foi a obtenção dos relatórios dos itinerários das rotas com as informações para cada veículo. A seguir, analisaram-se as variáveis de distância e tempo para a amostra total de estudo, apresentadas na tabela 10:

Tabela 10- Análise consolidada dos resultados para os veículos

Dia	Turno	Veículo	Km_1	Km_2	(%_1)	(h_1)	(h_2)	(%_2)
01 out	1	H21	37	36,8	0,54	6:59:00	4:33:00	34,84
		H22	53	34,3	35,28	7:27:00	4:29:00	39,82
		H38	54	37,8	30,00	6:22:00	4:35:00	28,01
		H46	39	30	23,08	5:55:00	2:21:00	60,28
	2	H42	45	38,6	14,22	5:47:00	4:36:00	20,46
		H44	38	38,2	-0,53	5:10:00	4:36:00	10,97
		H76	55	34,5	37,27	6:03:00	4:29:00	25,90
		H92	45	26,9	40,22	5:29:00	2:16:00	58,66
02 out	1	H21	46	32,3	29,78	7:58:00	4:25:00	44,56
		H22	48	32,1	33,13	6:58:00	4:25:00	36,60
		H38	45	45	0,00	6:33:00	4:47:00	26,97
		H46	58	26,6	54,14	7:56:00	2:16:00	71,43
	2	H42	47	29,7	36,81	7:28:00	4:21:00	41,74
		H44	51	33,4	34,51	6:39:00	4:27:00	33,08

		H76	57	27	52,63	7:05:00	4:16:00	39,76
		H92	45	24,9	44,67	6:39:00	2:13:00	66,67
03 out	1	H21	49	40,3	17,76	6:11:00	4:39:00	24,80
		H22	47	36,2	22,98	6:11:00	4:32:00	26,68
		H38	38	37	2,63	6:39:00	4:33:00	31,58
		H46	48	27,5	42,71	5:36:00	2:17:00	59,23
	2	H42	50	27,4	45,20	7:10:00	4:17:00	40,23
		H44	32	33,9	-5,94	6:39:00	4:28:00	32,83
		H76	46	30,1	34,57	6:48:00	4:22:00	35,78
		H92	44	26,5	39,77	7:29:00	2:15:00	69,93
04 out	1	H21	58	37,8	34,83	6:27:00	4:35:00	28,94
		H22	44	29,8	32,27	5:09:00	4:11:00	18,77
		H38	45	42,3	6,00	4:32:00	4:42:00	-3,68
		H46	59	28,4	51,86	6:49:00	1:39:00	75,79
	2	H42	56	35,1	37,32	6:10:00	4:30:00	27,03
		H44	45	31	31,11	5:56:00	4:23:00	26,12
		H76	29	29,4	-1,38	5:57:00	4:20:00	27,17
		H92	41	27,6	32,68	4:27:00	2:17:00	48,69
07 out	1	H21	58	31,6	45,52	6:24:00	4:24:00	31,25
		H22	51	42,5	16,67	5:53:00	4:43:00	19,83
		H38	45	27,1	39,78	5:51:00	4:17:00	26,78
		H46	47	33	29,79	5:25:00	2:27:00	54,77
	2	H42	53	32,5	38,68	7:03:00	4:26:00	37,12
		H44	38	28,5	25,00	5:46:00	4:19:00	25,14
		H76	40	33,2	17,00	6:49:00	4:27:00	34,72
		H92	43	25,2	41,40	5:24:00	2:13:00	58,95
TOTAL		1869	1302	30,34	253:13:00	156:21:00	38,25	

Fonte: adaptado de Lima (2012), Autor.

A tabela anterior contém as informações dos dias e turnos analisados, os veículos do PRG, as quilometragens fornecidas pela COMLURB e as resultantes do SIG-T, as reduções percentuais das distâncias, os tempos de viagens totais da COMLURB e do SIG-T e as reduções percentuais dos tempos. Para os resultados das porcentagens, valores positivos representam ganhos no presente estudo com relação ao praticado pela COMLURB; já valores negativos interpretam-se como piora no planejamento das rotas do SIG-T. Os resultados obtidos com o uso do SIG-T destacam a eficácia do planejamento para a variável de distância nas rotas dos veículos, como é apresentado nas Figuras 24 e 25.

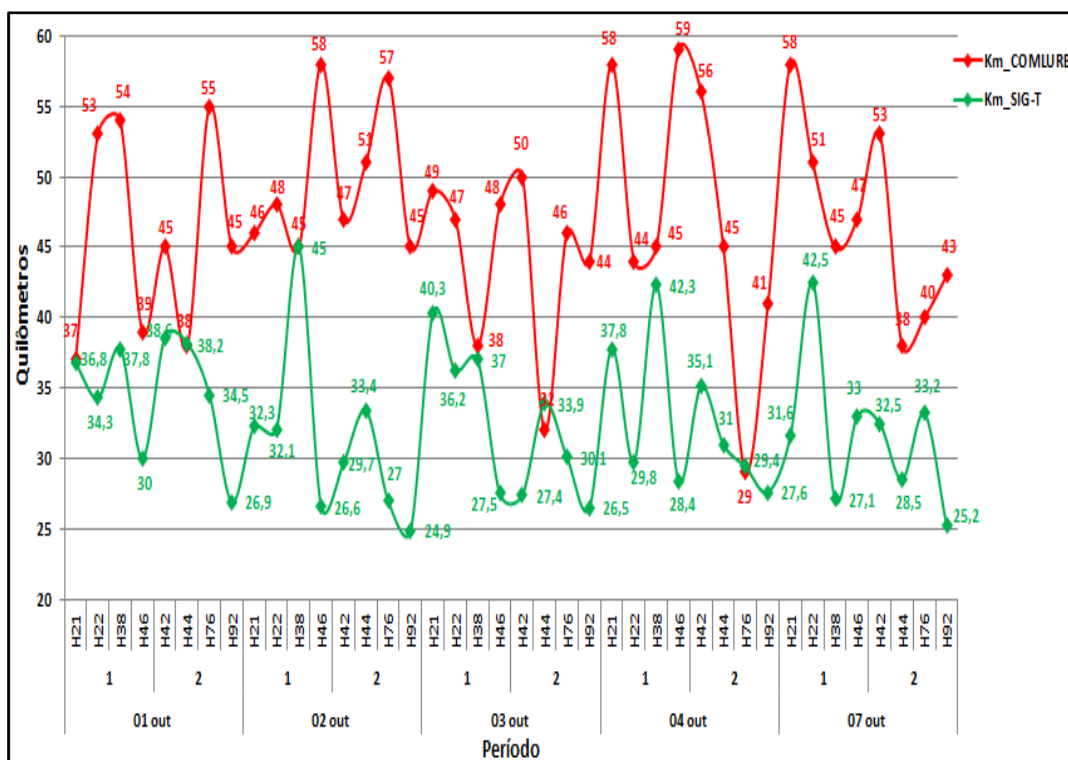


Figura 24- Quilometragem dos veículos do Programa de Remoção Gratuita.

Fonte: Autor.

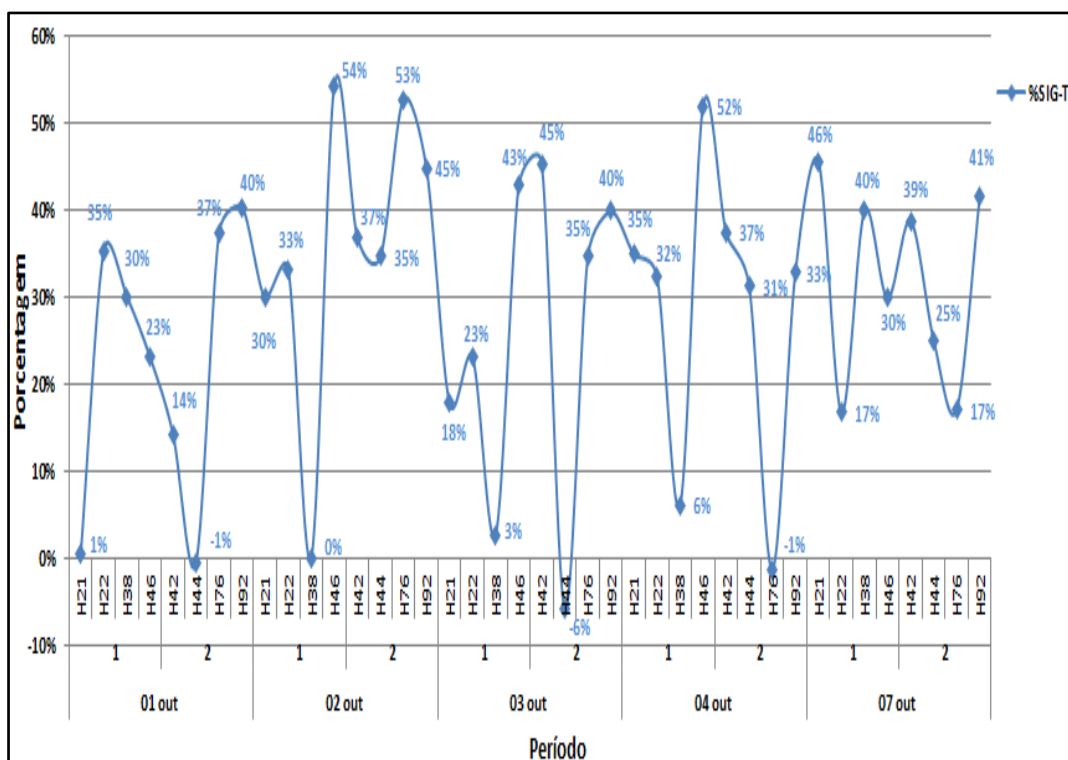


Figura 25- Redução percentual da quilometragem dos veículos do Programa de Remoção Gratuita.

Fonte: Autor.

Pode-se evidenciar que as distâncias dos itinerários de coleta com o uso do SIG-T são menores do que o plano estabelecido atualmente dentro do PRG da COMLURB, diminuindo de 1869 quilômetros para 1302 quilômetros, gerando um ganho em distâncias de 30,34% para cinco dias de operação. Existem três casos de incremento do itinerário de coleta na amostra com o uso do SIG-T: o veículo H44 do dia 01/10/2014 (-0,53%) e 03/10/2014 (-5,94%); o veículo H76 do dia 04/10/2014 (-1,38%). Os anteriores casos evidenciam que o comportamento de aleatoriedade dos clientes não permite que a eficácia do sistema seja totalmente abrangente na presente pesquisa.

Para a variável de tempo, evidencia-se o comportamento positivo com a diminuição de 253 horas e 13 minutos para 156 horas e 21 minutos, gerando uma melhoria de 38,25 % para cinco dias de operação, sendo esses apresentados na tabela 10 e nas figuras 26 e 27. O anterior deve-se principalmente à consideração da matriz dos tempos no cálculo da Função Objetivo de Minimização das Distâncias entre cada par origem destino; como consequência, ao serem planejados os roteiros com percursos de menor distância, o tempo de operação dos veículos diminui também.

Foi evidenciado também que existem perdas de tempo, como é o caso do veículo H38 do dia 04/10/2014 (-3,68%). O comportamento anterior deve-se ao seguinte: o valor de carga gerado pelo método de Monte Carlo (em quilogramas) foi alocado para cada ponto de serviço, sendo este igual para o conjunto de paradas a serem atendidas. Com o valor de carga e a capacidade dos veículos, pode-se conhecer o número de clientes máximo a serem servidos pelos caminhões nos roteiros. Para este caso específico, a relação entre o número de clientes e o tempo total da rota não permite que o sistema de planejamento de rota utilizando o SIG-T seja melhor do que o sistema estabelecido pela COMLURB. O anterior amostra que para veículos com capacidade de 7000 quilogramas existe a possibilidade de fazer um atendimento de clientes com tempo maior utilizando o software TransCAD.

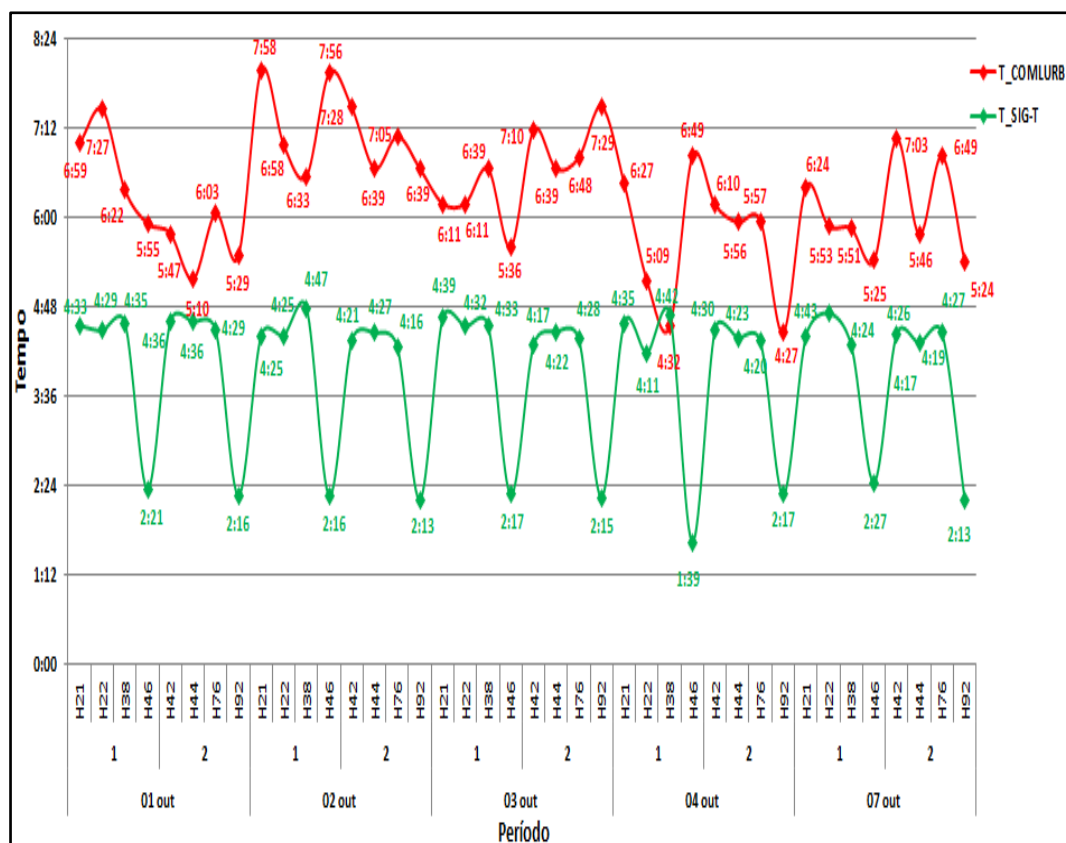


Figura 26- Tempos dos veículos do Programa de Remoção Gratuita
Fonte: Autor.

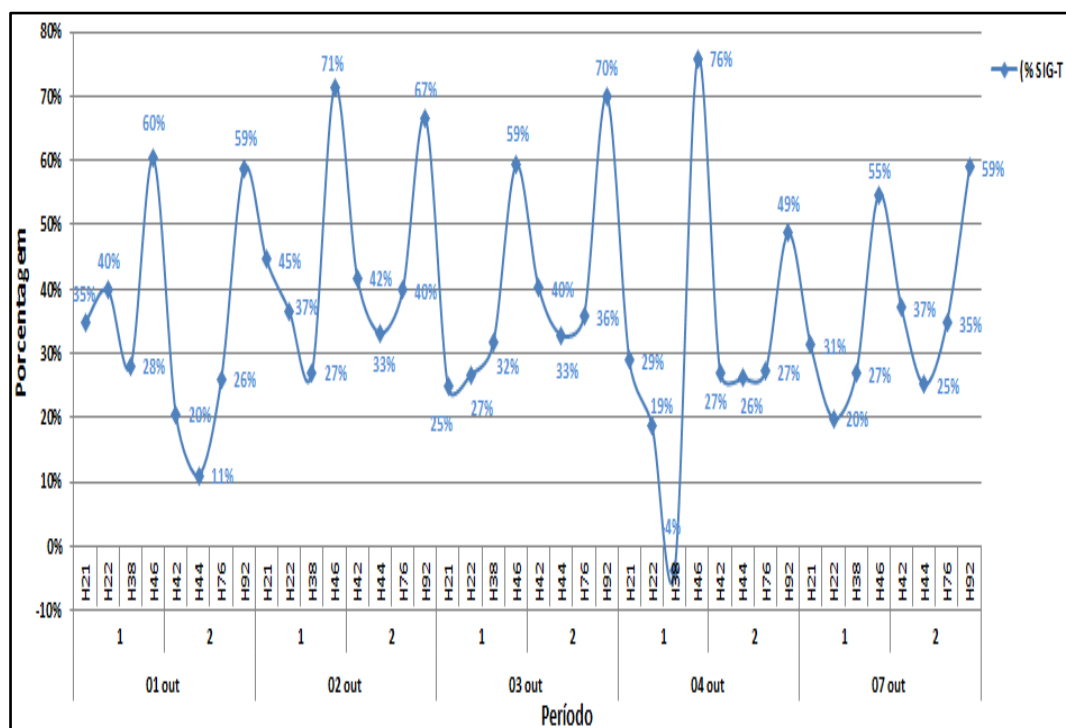


Figura 27- Redução percentual de tempo dos veículos do Programa de Remoção Gratuita.
Fonte: Autor.

Além das análises anteriores ressaltam-se algumas sugestões com o objetivo de melhorar a aplicação deste caso específico de roteirização por meio do uso do *software* TransCAD versão 5.0. no PRG.

A primeira delas é deixar a amostra de clientes livre no processamento dos dados dentro do SIG-T, ou seja, pontos de serviço sem alocações aos depósitos existentes, com o objetivo de simular os dados considerando os tempos e as distâncias para cada par origem-destino. O anterior permite que todos os clientes tenham a mesma probabilidade de atendimento pelos veículos do PRG, independente se eles são alocados ou não aos roteiros.

A seguinte é não incluir pontos órfãos gerados pelo SIG-T dentro das rotas processadas pois isso pode criar improdutividade dentro do PRG. Com a existência de janelas de tempo, corre-se o risco de entrar em penalidades se as restrições não forem cumpridas. Sugere-se contemplar as opções possíveis dentro das considerações especiais.

O atual problema desenvolvido para a coleta dos rejeitos considera condições de tráfego ideais. Portanto, sugere-se estabelecer pesquisas de fluxo de veículos para definir quantitativamente as velocidades associadas aos setores de coleta. O anterior permite aumentar a objetividade da variável de tempo na presente pesquisa.

Por último, recomenda-se definir responsáveis para o cumprimento dos roteiros do PRG. O relatório do itinerário de rota (.txt) pode ser facilmente controlado pelo pessoal executor das atividades. Os mapas de roteamento (.rts) e a interface computacional do SIG-T podem ser controlados pelo departamento administrativo.

Com relação à empresa pesquisada, novas abordagens podem ser feitas para resolver problemas de roteirização: planejamento das rotas com o uso do SIG-T para a coleta de Resíduos Sólidos Recicláveis e Orgânicos, utilizando o algoritmo do Problema de Roteirização em Arcos. No caso do PRG, podem ser planejadas as rotas para as áreas de planejamento três, quatro e cinco da COMLURB utilizando o SIG-T e considerando a abordagem do problema de roteirização do presente estudo.

6. Conclusões

O SIG-T é uma ferramenta fundamental para o planejamento, execução, análise e controle das rotas de coleta dos Resíduos Sólidos Domiciliares. A implementação do *software* TransCAD versão 5.0 evidencia que existem métodos matemáticos, como o problema de roteirização desenvolvido na presente pesquisa, que permitem resolver quantitativamente o procedimento de criação dos itinerários de coleta.

Um fator importante a ser considerado no sucesso da pesquisa é a aceitação do SIG-T por parte dos recursos humanos da empresa com base em programas de capacitação, conhecimento e aprendizagem do SIG-T para o PRG. Com tal apoio, é possível desenvolver a metodologia eficazmente dentro do Programa de Remoção Gratuita.

A revisão bibliográfica pesquisada para os Resíduos Sólidos Domiciliares, Programa de Remoção Gratuita, Sistemas de Informações Geográficas e Problemas de Roteirização permitiu ampliar os principais conceitos e conhecimentos técnicos necessários para o planejamento, análise e desenvolvimento do presente trabalho.

O estudo de caso do PRG foi definido com os critérios quantitativos necessários (distâncias e tempos de viagens dos pontos no Grafo) para a simulação dos dados no *software*. O levantamento de dados iniciais permitiu criar o escopo e cenários a serem analisados como processo de melhoramento do sistema de roteirização atual.

A modelagem da pesquisa por meio do *software* TransCAD versão 5.0 permitiu integrar as informações de entrada (numéricas) na criação do cenário real do PRG para o planejamento das rotas, garantindo o cumprimento do objetivo principal do presente estudo. No entanto, identificaram-se restrições que limitam a tomada de decisões, diminuindo a qualidade e objetividade dos resultados. A representação do ponto de esvaziamento no grafo é uma delas, para o qual foi necessário criar uma

carga representativa para deslocar o caminhão até a estação de transferência final.

Do ponto de vista quantitativo, evidenciou-se a redução percentual para a distância (30,34%) e tempo (38,25%) total executado no período analisado, concluindo a produtividade do planejamento de rotas com o uso do software TransCAD. É importante que a implementação do SIG-T considere as restrições de transporte reais para adaptar-se ao regulamento de coleta estabelecido pela empresa municipal.

O planejamento das rotas com o apoio do SIG-T é concebido como um método para o melhoramento contínuo do processo. As informações geradas pelo *software* permitem aperfeiçoar o serviço ao cliente e obter uma base de dados de referência para tomada de decisões e futuros estudos.

O sucesso no desenvolvimento de pesquisas na área de transporte e logística de rejeitos inclui a integração da metodologia de trabalho operacional, executada pelas empresas de limpeza no atendimento dos clientes do Programa de Remoção Gratuita, e a cooperação com as instituições de ensino superior e pesquisa, as quais trabalham com metodologias matemáticas para a simulação, análise e obtenção de resultados em casos de estudos reais.

Para a realização de futuras pesquisas, sugere-se o desenvolvimento de modelos que podem ser abordados na resolução dos seguintes problemas de transporte e logística:

- Problema com Janela de Tempo que inclua a possibilidade de trabalhar em mais de um período de tempo.
- Modelo que planeje as rotas considerando as informações de entrada e os pontos órfãos do período anterior.
- Problema com Janela de Tempo que considere a decisão de esvaziar ou não os rejeitos considerando a capacidade dos veículos.
- Modelo que permita alocar clientes em veículos específicos.

Como conclusão geral, a implementação da metodologia permite identificar os principais indicadores, obstáculos e restrições para o procedimento de planejamento de rotas com o uso do SIG-T, o qual

incrementa a possibilidade de obtenção de uma análise objetiva para os dados. Espera-se que o presente estudo seja uma contribuição acadêmica para esse problema específico de roteirização e para o desenvolvimento de futuras pesquisas nessa área.

Referências bibliográficas

ARAÚJO, F.(2014). Diretoria de Serviços especiais e Ambientais (DSA).Gerência de programação e controle (AGC).Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB). **Notas do programa de atendimento de remoção gratuita**. Gerência ADS Zona Sul.

ASSAD, A.(1988). **Modeling and implementation issues in vehicle routing. Vehicle Routing: Methods and studies**.Vol.16.P.7-46.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA-ABRELPE (2013). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. Vol. 1. Pag.22-47.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA-ABRELPE (2012). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. Vol. 1. Pag.22-37.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA-ABRELPE (2011). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. Vol. 1. Pag.22-41.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA-ABRELPE (2010). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. Vol. 1. Pag.22-41.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA-ABRELPE (2009). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. Vol. 1. Pag.22-41.

BARBOSA, L.(2004). **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no norte de Minas Gerais: Estudo relativo à implantação de unidades de reciclagem e compostagem a partir de 1997**. Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos. Vol.1. P 23-63

BASTOS, M. (2013) **Projetos e programas da Secretaria do estado do médio ambiente**. Disponível na web:<http://www.rj.gov.br/web/sea/listaconteudo?searchtype=projetoaseprogramas&secretaria=/sea>. Acesso em: 17 de Abril de 2014.

BATCHGEO SOFTWARE (2013). Batch geocoder with CSV output. Google Inc. Collaborative Mapping Project. Disponível em Web: <file:///C:/Users/Sony/Downloads/batchgeo.htm>.Acesso em 09 de Setembro de 2014.

BATISTUS, D. (2009). **O Problema de Roteirização de Veículos com restrições de Janelas de Tempo: Uma proposta de Solução por meio**

da Metaheurística Scatter Search. Dissertação de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Vol.1. P.26-126.

BELTRAMI, E.BODIN, L.(1974). **Networks and Vehicle Routing for Municipal Waste Collection.** Networks. Vol.4. P.65-94.

BOWERSOX, D. CLOSS,D. COOPER,B. (2006). **Gestão Logística de cadeia de Suprimentos.** Porto Alegre. *Bookman*.

BRASILEIRO, L.LACERDA, M.(2008). **Análise do uso de SIG no roteamento dos veículos de coleta de resíduos sólidos domiciliares.** Universidade Estadual Paulista (UNESP). Departamento de Engenharia civil. Vol.1. P 356-360.

BRITO R.(2006). **Uso de Sistema de Informação Geográfica para a análise do transporte e disposição final dos resíduos sólidos.** Universidade Estadual Paulista-UNESP. Departamento de Engenharia Civil. Vol.1. P 27-30.

CAETANO, M.(2010). Estatística, aula 1 . Instituição de Ensino Superior e Pesquisa-INSPE. Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais-IBMEC. Estatísticas “Coisas do estado”. Disponível na Web: <http://www.mudancasabruptas.com.br/Estat1.pdf>. Acesso em: 19 de Janeiro de 2015.

CALIPER CORPORATION (1990). Reference Manual 2.0. Neewton, Masachusets.

CALIPER. (2007). **Transportation Planning Software, Routing and Logistics with TransCAD 5.0.User Guide.** Vol.1.P.1-21. CALIPER. (2014).Transportation Planning Software, TransCAD. About TransCAD. Disponível em web: <http://www.caliper.com/tcovu.htm>.Acesso em: 12 de Janeiro de 2015.

CALIPER. (2014).Transportation Planning Software, TransCAD. About TransCAD. Disponível em web: <http://www.caliper.com/tcovu.htm>.Acesso em: 12 de Janeiro de 2015.

CÂMARA, G. (1994). Anatomia de um SIG. **Periódico Fator GIS.** Vol.4.

CÂMARA, G. MONTEIRO, A.FUCKS, S. CARVALHO, M.(2002). Análise Espacial e Geoprocessamento. Análise espacial de dados geográficos dois. Disponível em Web: http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/isabel/geopr_prog_e. Acesso em: 19 de fevereiro de 2015.

CAMPOS, H.(2012). **Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil**. Universidade de Brasília (UnB). Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol.2. P.171-180.

CARVALHO, L. (2001). **Desenvolvimento de solução integrada de sistemas de limpeza urbana em ambiente SIG**. Dissertação para a obtenção de grau de mestre em ciências de engenharia de transporte. Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ. Vol.1. P.1-162.

CARVALHO, M.(2005). **Teoria dos Grafos, uma introdução**. Centro Superior de Educação e Tecnologia (CESET). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Vol.1. P.5-49.

CASTRO, L.(2006). **Avaliação do serviço de coleta de resíduos sólidos domiciliares em cidade de médio porte utilizando sistemas de informações geográficas e receptores do sistema de posicionamento global**. Universidade Federal de Uberlândia. Vol.1. P 10-18.

CHRISTOFIDES, N. (1976). The Vehicle Routing Problem. **Revue Française d'automatique, d'informatique et de recherche opérationnelle**. Recherche opérationnelle. Vol.10.P.55-70.

CLARKE,G. WRIGHT,W. (1964). Scheduling of Vehicles from a Central Depot to A Number of Delivery Points. **Opns.Res**.Vol.12.P.568-581.

CRUZ,M.(2014).El Problema del Ruteo Vehicular con Ventanas de Tiempo. Centro de investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas-CIICAP. Universidad Autónoma del Estado de Morelos,México. Disponível na Web: <http://www.gridmorelos.uaem.mx/~mcruz//doctor/vrptw.htm>. Acesso em: 14 de Janeiro de 2015.

CUNHA, V. CAIXETA, F.(2002). Gerenciamento da Coleta de resíduos Sólidos Urbanos: Estruturação e Aplicação do Modelo Não Linear de Programação por Metas. **Revista Gestão e Produção**. Vol.9. P.143-161.

CUNHA (2005). Aspectos Práticos da Aplicação de Modelos de Roteirização de Veículos a Problemas Reais. Disponível em Web: http://www.ptr.poli.usp.br/ptr/docentes/cbcunha/files/roteirizacao_aspectos_praticos_CBC.pdf >. Acesso em: 21 de Novembro de 2014.

DA COSTA, A.(2010). **Introdução aos Conceitos de Problemas de Transporte e Roteamento de Veículos**. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Vol.1. P.1-7.

DA CUNHA (1997). **Uma contribuição para o problema de roteirização de veículos com restrições operacionais**. Tese de Doutorado em

Engenharia de Transportes. Escola politécnica da Universidade de São Paulo-EPUSP. Vol.1. P.222.

DA CUNHA, C.GUALDA, N.(1997). Heurísticas baseadas em relaxação lagrangiana para o Problema de Roteirização de Veículos com restrições operacionais. Departamento de Engenharia de transportes. Escola Politécnica de São Paulo. **Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**. Vol.11.P.843-855.

DA CUNHA, C.(2000). Aspectos práticos da aplicação de modelos de roteirização de veículos a problemas reais. **Revista transportes da ANPET-Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes**. Vol.8.P.51-74.

DA SILVA, A.(1998). **Sistemas de Informações Geográficas para Planejamento de Transportes**. Universidade de São Paulo-USP. Escola de Engenharia de São Carlos. Texto para a obtenção do Título do Livre Docente em Concurso realizado pelo Departamento de Transportes. Vol.1. P.1-124.

DA SILVA, M.(2005). **O sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos domiciliares em Aquidauana**. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Departamento de Geografia. Vol.1. P.72-83.

DA SILVA JUNIOR, O. (2009). Comparação de modelos exatos para solução do Problema de Roteirização de Veículos com Janela de Tempo. **XLII SBPO**. Departamento de Engenharia de Produção. Pontifícia Universidade do Rio de Janeiro. Vol.1. P.1-8.

DA SILVA, J. A., DE SOUZA, V., & DE MOURA. (2011). Gestão de resíduos sólidos domiciliares em Cuiabá: Gerenciamento integrado. II **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Universidade Federal de Mato Grosso. Vol.1. P1-19.

DE ALMEIDA, T.(2007). **Teoria dos Grafos e Fluxos de Redes. Otimização Linear**. Departamento de Telemática. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Vol.1. P.2-42.

DE BRITO, R.(2006). **Uso de Sistema de Informação Geográfica para a Análise do Transporte e Disposição Final dos Resíduos Sólidos**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil. Ênfase em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Vol.1. P.35-100.

DE OLIVEIRA, S. PASQUAL, A.(1997). **Gestão dos resíduos sólidos urbanos na microrregião homogênea Serra de Botucatu:**

Caracterização física dos resíduos sólidos domésticos na cidade de Botucatu. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências agrônômicas. Vol.1. P.19-78.

DE OLIVEIRA, R.(2011). **Logística Reversa: A utilização de um Sistema de Informações Geográficas na Coleta Seletiva de Materiais Recicláveis.** Dissertação de Mestrado como requisito para a obtenção de título de Mestre em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Itajubá. Vol.1. P.8-152.

DELUQUI, K, K. (2003). **Roteirização para veículo de coleta de resíduos sólidos domiciliares utilizando um Sistema de Informações Geográficas – SIG.** Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. Vol.1. P-222-250.

DESROSIERS,J.SOUMIS,F.DESROCHERS,M. (1983). Routing With Time Windows by Column Generation. Centre de Reserche sur les transports.**Networks, an International Journal.** University of Montreal. Working Paper.Vol.277.

FAULIN, J.JUAN, A.(2005). Simulação Monte Carlo com Excel. Projeto e-Math. Secretaria do estado de Educação e Universidades-MECD. Universidade Oberta de Catalunha. Disponível na web: http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Simulacion_MC.pdf. Acesso em: 8 de Janeiro de 2015.

FISHER, M. JAIKUMAR,R. (1981). A Generalized Assignment Heuristic ,for Vehicle Routing. **Networks, an International Journal** . Vol.11.P.109-124.

FONTI, A.(2012). **COMLURB sustentável.** Presidência da Companhia Municipal de Limpeza Urbana-COMLURB. Vol.1. P.1-26.

GANDELMAN, D. (2007). **Algoritmo Genético aplicado ao Problema de Roteamento de Veículos.** Departamento de Eletrônica e de Computação. Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Vol.1.P.13-45.

GHOSE, M.DIKSHIT, A.SHARMA, S.(2006). **A GIS based transportation model for solid waste disposal-A case study on Asansol municipality.** Centre of Environmental Science and Engineering, Indian Institute of Technology. Department of Civil Engineering. Indian Institute of Technology. Vol.1.P.1287-1293.

GOMES, C. RIBEIRO, P.(2004). **Gestão da cadeia de suprimentos integrada a tecnologia de informação.** Pioneira Thomson learning. São Paulo (SP).Vol.1.P.1-31.

GOOGLE EARTH (2013). Google Inc. Collaborative Mapping Project. Disponível em Web: <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>. Acesso em 08 de fevereiro de 2015.

GOOGLE MAPS (2013). Google Inc. Collaborative Mapping Project. Disponível em Web: <https://www.google.com.br/maps?source=tldso>. Acesso em 15 de janeiro de 2014.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO . (2009). Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Disponível na web: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smac/residuos-solidos>. Acesso em: 12 de Agosto de 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA- IBGE. (2000). **Plano Estratégico da Cidade do Rio de Janeiro**. Censo 2000. Instituto Pereira Passos-IPP. Anuário Estatístico 1998. Vol.60.P.1-852.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA-IBGE .(2014). Estimativa da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referencia em 1º de Julho de 2014. Disponível em web:http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2014/estimativa_tcu.shtm. Acesso em: 27 de Dezembro de 2014.

LAPORTE, G.(1992).The Vehicle Routing Problem:An overview of exact and approximate algorithms. **European Journal of Operation Research**.Vol.59.P.345-358.

LARSEN, J. (1999). **Parallelization of the Vehicle Routing Problem with Time Windows**. Tese (Ph.D.). Department of Mathematical Modeling. Technical University of Denmark.Vol.1.P. 31-294.

LEAL, J. (2013). **Capítulo IV: Roteirização de Veículos. Notas de Aula**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro- Puc Rio. Departamento de Engenharia Industrial. Área de Pesquisa de Transporte e Logística. Vol.1. P.63-83.

LIMA, R.S(2003). **Bases para uma metodologia de apoio a decisão para serviços de educação e saúde sob a ótica dos transportes**. Tese (Doutorado em Transportes). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo (USP). Vol.1. P.1-215.

LIMA, R.LIMA,J.SILVA,T.(2012). Roteirização em Arcos com um Sistema de Informações Geográficas para transportes: aplicação em coleta de resíduos sólidos urbanos. **Journal of Transport Literature**. Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).Vol.6.P.180-196.

LU, H.(2008).Intro to TransCAD GIS. Model Research and Development Unit Transportation Planning Branch. Disponível em Web: <https://connect.ncdot.gov/projects/planning/TPB%20Training%20Presentations/TransCAD%20GIS%20Training%20Notes.pdf>. Acesso em:12 de Janeiro de 2014.

LUDOVICO, F.(2010). **Metodologia de Pesquisa: Uma visão geral**. Pós-graduação em Metrologia, Qualidade e Inovação. Departamento de Engenharia Industrial Pontifícia Universidade Católica de Rio de Janeiro-PUC-Rio. Notas de aula da disciplina Seminário de Engenharia Industrial. Programa de Pós-graduação PUC-Rio 2013.

MAGALHÃES, D.(2008). **Elementos para o diagnóstico e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos do município de Dorés de Campos – MG**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Curso de especialização em análise ambiental. Vol.1. P.19-29.

MENDES, F. DE PAULA, M. FARIA C.(2008). **Estudo de Roteirização na Coleta de Resíduos utilizando o software TransCAD**. Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia. Vol.1. P. 1-7.

MENEGASSO, P.RIZZI, R.FERREIRA,M.DEJAUSTE,P.(2013).**Resíduos e gestão ambiental**. Conselho Regional de Farmácia do Estado de São Paulo-CRFSP. Secretaria dos colaboradores. Comissão assessora de resíduos e gestão ambiental. Vol.1. P.10-24.

MENESES, B. (2003). **Interface lógica em Ambiente SIG para Base de dados de Sistemas centralizados de Controle do tráfego Urbano em tempo Real**. Dissertação de Mestrado. Centro de tecnologia. Universidade Federal do Ceará. 1-204.

MESTER,D. BRAYSY,O. (2003).Active guided evolution strategies for large-scale vehicle routing problems with time Windows. Institute of Evolution, Mathematical and Population Genetics Laboratory. University of Haifa. **Elsevier academic Publishing company**.Vol.32.P.1598-1614.

MILLER,C.TUCKER,A.ZEMLIN,(1960). Integer Programming Formulations and Traveling Salesman Problems. J. **Assoc.Comput.Mach**.Vol.7.P.326-329.NAÇÕES UNIDAS DO BRASIL (2013). **População Mundial deve atingir 9,6 bilhões em 2050, diz novo relatório da ONU**. Disponível em web: <http://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-atingir-96-bilhoes-em-2050-diz-novo-relatorio-da-onu/>. Acesso em: 27 de Junho de 2015.

NAGATA, Y. BRAYSY, O. DULLAERT, W. (2010). A penalty-based edge assembly memetic algorithm for the Vehicle Routing Problem with Time Windows. Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering.

Tokyo Institute of Technology. **Elsevier academic Publishing company** . Vol.37. P.724-737.

NARUO, M.(2003). **O estudo do consorcio entre municípios de pequeno porte para disposição final de resíduos sólidos urbanos utilizando sistemas de informações geográficas**. Universidade de São Paulo. Vol.1. P 33- 56.

NEGREIROS, M.MACULAN, N.CLEIMAN, F.(1991). **Optimizing Routes in Household Refuse Collection in Rio de Janeiro** (A Field Application using SisRot). Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, COPPE. Departamento de Engenharia de Sistemas.

NETO, A.LIMA, R.(2006). Roteirização de Veículos de uma rede atacadista com o auxilio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**. Universidade Federal de Itajubá. Instituto de Engenharia de Produção e Gestão. Vol.5. P.1-22.

OLIVEIRA, M. (1997). **Sistema Espacial de Apoio a Decisão: Modelos para análise do adensamento de atividades econômicas no espaço urbano**. Dissertação de Mestrado. Escola do Governo de Minas Gerais. Fundação Joao Pinheiro. Vol.1. P.1-96.

PAES, F.(2004). **Otimização de rotas para a coleta do lixo doméstico: Um tratamento do GRASP do problema do Careiro Chinês Misto (PCCM)**. Dissertação de Mestrado em Ciências de Engenharia. Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Estadual do Norte do Fluminense-UENF. Vol.1. P.1-29.

PELIZARO, C.(2000). **Avaliação do Desempenho do Algoritmo de um Programa Comercial para Roteirização de Veículos**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Engenharia de Transportes. Universidade de São Paulo (USP).Vol.1.P.104-166.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. (2014). Satisfação do Cidadão. Serviço de atendimento ao Cliente 1746. Secretaria Municipal da Casa Civil. Disponível em web: http://www.1746.rio.gov.br/?page_id=5. Acesso em: 03 de fevereiro de 2015.

RIGONATTI, A.SOUZA, L.(2011). **Otimização de Rotas em Caminhões de Coleta de Lixo Urbano**. TCC Eng. De Produção. Universidade Anhembi Morumbi.Vo.1.P.1-45.

SANEAMENTO E ENERGIA RENOVÁVEL DO BRASIL- SERB. (2010). Ciclus: Alta performance na Gestão de Resíduos. A empresa. Disponível

emWeb:http://www.ciclusambiental.com.br/ciclus_apresentacao.php. Acesso em: 06 de fevereiro de 2015.

SILVA, R. QUINTANILHA, J. (1993). **SIG na gestão municipal. Conferencia Latino-americana sobre Sistemas de Informação Geográfica**. Sociedade Ibero-americana de SIG-SIBSIG. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). Vol.1. P.355-364.

SOLOMON, M. (1983). **Vehicle Routing and Scheduling with Time Windows constrains. Models and Algorithms**. Ph.D. Dissertation, Dept. of Decision Sciences. University of Pennsylvania. Vol.1.

SOLOMON, M. (1987). Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Windows Constrains. **Operations Research**. Vol.2. P.254.

SOLOMON, M.. DESROSIERS, J. (1988). Time Window Constrained Routing and Scheduling Problems. Northeastern University. **Survey Paper**. Transportation Science. Vol.22. P. 1-14.

STEINER, M. ZAMBONI, L. COSTA, D. CARNIERI, C. DA SILVA, A. (2000). O problema de roteamento no transporte escolar. Departamento de Matemática e Desenho. Universidade Federal do Paraná. **Revista Pesquisa Operacional**. Vol.20. P.1-17.

STEVE MORSE ORGANIZATION (2013). Batch Conversions of Address to Latitude/Longitude (Forward Geocoding). Disponível em Web: <http://stevemorse.org/jcal/latlonbatch.html>. Acesso em: 09 de Janeiro de 2014.

STONE, J. SAUR, G. LETCHWORTH, W. (2002). **Guidelines for NCDOT Project-Level Traffic Forecasting Procedures**. Department of Civil Engineering. North Carolina State University. Vol.1. P. 72-187.

SZWARCWALD, C. CASTILHO, E. (1998). Mortalidade por armas de fogo no estado do Rio de Janeiro, Brasil: uma análise espacial. **Rev. Panam. Salud Publica/Pan Am. J Public. Health**. Vol.3. P1-10.

TAN, K. LEE, L. ZHU, Q. OU, K. (2001). Heuristics methods for vehicle routing problem with time windows. **Elsevier academic Publishing Company**. Department of Electrical and Industrial. National University of Singapore. Vol.15. P.281-295.

TAVARES, G. ZSIGRAIOVA, Z. SEMIAO, V. CARVALHO, M. (2007). A case study of fuel savings through optimization of MSW transportation routes. **Management of Environmental - An international Journal**. Vol.19. P.444-454.

TEIXEIRA, A. FILHO, A.QUINTAES, B. DOS SANTOS, E.SURLIUGA, G.(2008). Controle de Mosca Doméstica em Área de disposição de Resíduos Sólidos no Brasil. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**. Vol.13 .P.365-370.

VONDEROHE, A.TRAVIS, L.SMITH, R.TSAI, V.(1993). Adaptation of Geographic Information Systems for Transportation. Transportation Research Board. **National Research Council**.P.359.

WU, J.WANG, Q.HUANG, Y.LI,Y.(2008). A Hybrid Fuzzy Heuristic for Point Data Reduction in Reverse Engineering. Huazhong University. **Congress on Image and Signal Processing**. Vol.2.P.615-619.

XU, Z.TANG, J. (2013). An Algorithm to Vehicle Scheduling Problem of AirPort Pickup and Delivery Service. School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang. **Scientific Research Journal**. Vol.5.P.84-89.

YAURI, Y. (2009). Capítulo 8: Introducción al Método de Simulación de Montecarlo. Métodos Cuantitativos para los negocios. Disponível em Web: <http://uplamcdn.files.wordpress.com/2009/04/libro-cap-08.pdf>. Acesso em:19 de Janeiro de 2015.

ZVEIBIL, V. SANTANA ,A.MOTA,D.SOARES,E.PINHEIRO,J.ARAUJO,M. SAROLDI, M.(2013). **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro- PERS**. Relatório Síntese 2013.Gestão de Resíduos Sólidos do Estado do Rio de Janeiro. Instituto Estadual do Ambiente-INEA.Vol.1.P.1-60.

Anexos

Tabela A.1-Lista dos materiais do Programa de Remoção Gratuita

Itens	Quantidade	Descrição	Grupo
Aquecedor	2	unidades	Pequeno
Aparelho de som/TV.	2	unidades	Pequeno
Ar condicionado	1	unidade	Grande
Armário peq. até 3 portas /cômoda	1	unidade desmontada	Pequeno
Armário de alumínio de cozinha/banheiro	2	unidades	Pequeno
Armário acima de 4 portas /guarda-roupa	1	unidade desmontada	Especial
Aspirador de pó	2	unidades	Pequeno
Banheira	1	unidade	Grande
Bicicleta/velocípede	2	unidades	Pequeno
Boiler	1	unidade	Grande
Cadeiras/bancos	6	unidades	Pequeno
Caixonete de porta/janela	5	amarrados de até 1,5 m	Pequeno
Canos/tubos/trilhos de cozinha	5	amarrados de até 1,5 m	Pequeno
Cama de casal	1	unidade desmontada	Grande
Cama de solteiro	2	unidade desmontada	Pequeno
Carpete/tapete/	5	rolos	Pequeno
Cofre	1	unidade de até 60 kg	Grande
Colchão de casal	1	unidade	Grande
Colchão de solteiro	2	unidades	Pequeno
Computador/impressora	2	unidades	Pequeno
Entulho	150	sacos plásticos de até 20 litros	Especial
Escada	1	unidade	Grande
Espelho/quadro/persiana	6	unidades	Pequeno
Exaustor /sugar/coifa	2	unidades	Pequeno
Estante /rack	1	unidade desmontada	Grande
Fogão	1	unidade	Grande
Forno de micro-ondas	1	unidade	Pequeno
Galhadas	12	amarrados	Pequeno

Garrafas de cerveja/vidro	5	caixas/engradados até 10 Kg	Pequeno
Geladeira/freezer	1	unidade	Grande
Gesso/azulejos/cerâmica	10	amarrados/ até 10 Kg	Pequeno
Grade de madeira ou ferro	4	unidades	Pequeno
Latão de 200 litros	1	unidade	Grande
Latas/baldes/bacias	10	Latas até 20 litros	Pequeno
Livros/revistas/jornais/ papelão	5	amarrados de até 10 Kg	Pequeno
Luminária	5	unidades	Pequeno
Madeiras/caixote/estrados/ vulcapiso	5	amarrados até 1,5 m	Pequeno
Maquina de lavar roupas/louças	1	unidade	Grande
Maquina de costura	2	unidades	Pequeno
Mesa	2	unidades	Pequeno
Outros	5	unidades	Pequeno
Pedras	10	unidades até 10 kg	Pequeno
Pias/bancadas/cubas	3	unidades	Pequeno
Porta/janela/basculante	4	unidades	Pequeno
Sofá/poltrona	2	unidades	Grande
Tábua de passar roupas	2	unidades	Pequeno
Tacos	150	sacos plásticos de até 20 litros	Pequeno
Tanque de lavagem	2	unidades	Pequeno
Tanque de concreto (quebrado e ensacado)	150	sacos plásticos de até 20 litros	Especial
Telha de alumínio	5	unidades	Pequeno
Telha de amianto	20	pedaços até 10 Kg	Pequeno
telha francesa/tijolo (inteiros)	150	150 unidades	Pequeno
Tronco de árvore	5	unidades até 10 kg	Pequeno
Vaso de planta com terra	2	unidades	Pequeno
Vaso sanitário/bidê/	3	unidades	Pequeno

Tabela A.2- Indicadores das Rotas do Programa de Remoção Gratuita,
COMLURB- 01 de Outubro de 2014.

Caminhão N° H21

Coleta realizada em 01/10/2014

Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	3	33	7	16	59
Tempo	h		0:20	5:50	1:10	0:37	7:57
Clientes	Un		0	19	0	0	19
Kg Colet.	Kg		0	4302	0	0	4302
Percurso	Km	2	4	40	11	5	60
Tempo	h		0:10	5:50	0:36	0:20	6:56
Clientes	Un		0	17	0	0	17
Kg Colet.	Kg		0	3841	0	0	3840,6

Caminhão N° H22

Coleta realizada em 01/10/2014

Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	5	16	12	20	53
Tempo	h		0:30	5:12	1:30	0:15	7:27
Clientes	Un		0	18	0	0	18
Kg Colet.	Kg		0	4580	0	0	4579,6
Percurso	Km	2	2	37	9	15	63
Tempo	h		0:08	6:07	0:17	0:25	6:57
Clientes	Un		0	18	0	0	18
Kg Colet.	Kg		0	4257	0	0	4256,6

Caminhão N° H38

Coleta realizada em 01/10/2014

Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	8	16	15	15	54
Tempo	h		0:17	4:29	0:51	0:45	6:22
Clientes	Un		0	21	0	0	21
Kg Colet.	Kg		0	2504	0	0	2503,6
Percurso	Km	2	4	54	0	24	82
Tempo	h		0:21	6:09	0:25	0:12	7:07
Clientes	Un		0	18	0	0	18
Kg Colet.	Kg		0	4493	0	0	4492,6

Caminhão N° H46

Coleta realizada em 01/10/2014

Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	1	43	6	14	64
Tempo	h		0:15	5:18	0:39	0:48	7:00
Clientes	Un		0	20	0	0	20
Kg Colet.	Kg		0	3145	0	0	3145
Percurso	Km	2	2	43	13	15	73
Tempo	h		0:10	5:50	0:32	0:14	6:46
Clientes	Un		0	18	0	0	18
Kg Colet.	Kg		0	2553	0	0	2553,1

Tabela A.3 – Indicadores das Rotas do Programa de Remoção Gratuita, COMLURB-02 de Outubro de 2014.

Caminhao Nº H21			Coleta realizada em 02/10/2014				
Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	3	10	18	15	46
Tempo	h		0:17	4:54	1:49	0:58	7:58
Clientes	Un		0	20	0	0	20
Kg Colet.	Kg		0	3811	0	0	3811
Percurso	Km	2	1	13	18	15	47
Tempo	h		0:16	5:34	1:20	0:18	7:28
Clientes	Un		0	21	0	0	21
Kg Colet.	Kg		0	3424	0	0	3424

Caminhao Nº H22			Coleta realizada em 02/10/2014				
Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	1	18	14	15	48
Tempo	h		0:11	6:03	0:38	0:06	6:58
Clientes	Un		0	21	0	0	21
Kg Colet.	Kg		0	3427	0	0	3426,6
Percurso	Km	2	8	21	7	15	51
Tempo	h		0:10	6:00	0:22	0:07	6:39
Clientes	Un		0	18	0	0	18
Kg Colet.	Kg		0	4512	0	0	4511,6

Caminhao Nº H38			Coleta realizada em 02/10/2014				
Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	2	12	15	16	45
Tempo	h		0:22	4:56	1:03	0:12	6:33
Clientes	Un		0	20	0	0	20
Kg Colet.	Kg		0	4393	0	0	4393
Percurso	Km	2	14	32	1	10	57
Tempo	h		1:18	5:17	0:03	0:27	7:05
Clientes	Un		0	17	0	0	17
Kg Colet.	Kg		0	3454	0	0	3453,6

Caminhao Nº H46			Coleta realizada em 02/10/2014				
Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	6	20	17	15	58
Tempo	h		0:38	5:05	1:30	0:43	7:56
Clientes	Un		0	17	0	0	17
Kg Colet.	Kg		0	3800	0	0	3800
Percurso	Km	2	0	20	10	15	45
Tempo	h		0:26	5:54	0:11	0:08	6:39
Clientes	Un		0	18	0	0	18
Kg Colet.	Kg		0	2257	0	0	2257

Tabela A.4 – Indicadores das Rotas do Programa de Remoção Gratuita, COMLURB-03 de Outubro de 2014.

Caminhao N° H21			Coleta realizada em 03/10/2014				
Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	6	41	9	14	70
Tempo	h		0:21	5:59	0:23	0:43	7:26
Clientes	Un		0	19	0	0	19
Kg Colet.	Kg		0	4846	0	0	4846
Percurso	Km	2	2	15	14	19	50
Tempo	h		0:21	5:29	0:58	0:22	7:10
Clientes	Un		0	20	0	0	20
Kg Colet.	Kg		0	4003	0	0	4003
Caminhao N° H22			Coleta realizada em 03/10/2014				
Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	7	14	13	13	47
Tempo	h		0:26	4:57	0:41	0:07	6:11
Clientes	Un		0	20	0	0	20
Kg Colet.	Kg		0	5201	0	0	5201
Percurso	Km	2	2	17	13	0	32
Tempo	h		0:23	5:47	0:18	0:11	6:39
Clientes	Un		0	18	0	0	18
Kg Colet.	Kg		0	5195	0	0	5195
Caminhao N° H38			Coleta realizada em 03/10/2014				
Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	4	17	17	0	38
Tempo	h		0:35	4:50	0:34	0:40	6:39
Clientes	Un		0	18	0	0	18
Kg Colet.	Kg		0	3002	0	0	3002
Percurso	Km	2	2	11	17	16	46
Tempo	h		0:22	5:24	0:42	0:20	6:48
Clientes	Un		0	19	0	0	19
Kg Colet.	Kg		0	4753	0	0	4753
Caminhao N° H46			Coleta realizada em 03/10/2014				
Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	7	38	13	14	72
Tempo	h		0:25	5:28	0:21	0:57	7:11
Clientes	Un		0	19	0	0	19
Kg Colet.	Kg		0	4076	0	0	4076
Percurso	Km	2	1	17	12	14	44
Tempo	h		0:15	5:41	0:33	1:00	7:29
Clientes	Un		0	18	0	0	18
Kg Colet.	Kq		0	1728	0	0	1728

Tabela A.5 – Indicadores das Rotas do Programa de Remoção Gratuita, COMLURB-04 de Outubro de 2014.

Caminhao N° H21			Coleta realizada em 04/10/2014				
Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	5	51	10	16	82
Tempo	h		0:20	5:30	0:38	0:38	7:06
Clientes	Un		0	16	0	0	16
Kg Colet.	Kg		0	3996	0	0	3996
Percurso	Km	2	3	42	14	11	70
Tempo	h		0:16	5:34	0:38	0:32	7:00
Clientes	Un		0	16	0	0	16
Kg Colet.	Kg		0	5636	0	0	5636
Caminhao N° H22			Coleta realizada em 04/10/2014				
Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	5	39	11	15	70
Tempo	h		0:28	5:07	0:29	0:08	6:12
Clientes	Un		0	16	0	0	16
Kg Colet.	Kg		0	4316	0	0	4316
Percurso	Km	2	7	33	9	15	64
Tempo	h		0:17	5:56	0:12	0:02	6:27
Clientes	Un		0	19	0	0	19
Kg Colet.	Kg		0	3778	0	0	3778
Caminhao N° H38			Coleta realizada em 04/10/2014				
Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	4	45	6	16	71
Tempo	h		0:20	5:08	0:12	0:27	6:07
Clientes	Un		0	17	0	0	17
Kg Colet.	Kg		0	5509	0	0	5509
Percurso	Km	2	0	47	11	0	58
Tempo	h		0:40	6:01	0:27	0:00	7:08
Clientes	Un		0	21	0	0	21
Kg Colet.	Kg		0	4192	0	0	4192
Caminhao N° H46			Coleta realizada em 04/10/2014				
Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	7	21	16	15	59
Tempo	h		0:22	5:18	0:31	0:38	6:49
Clientes	Un		0	19	0	0	19
Kg Colet.	Kg		0	2235	0	0	2235
Percurso	Km	2	1	11	13	16	41
Tempo	h		0:15	2:45	0:23	1:04	4:27
Clientes	Un		0	12	0	0	12
Kg Colet.	Kg		0	1243	0	0	1243

Tabela A.6 – Indicadores das Rotas do Programa de Remoção Gratuita,
COMLURB-07 de Outubro de 2014.

Caminhão N° H21

Coleta realizada em 07/10/2014

Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	1	30	10	17	58
Tempo	h		0:10	5:26	0:29	0:19	6:24
Clientes	Un		0	20	0	0	20
Kg Colet.	Kg		0	4529	0	0	4529
Percurso	Km	2	3	24	12	14	53
Tempo	h		0:21	5:30	0:43	0:29	7:03
Clientes	Un		0	17	0	0	17
Kg Colet.	Kg		0	3728	0	0	3728

Caminhão N° H22

Coleta realizada em 07/10/2014

Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	6	15	15	15	51
Tempo	h		0:29	4:37	0:19	0:28	5:53
Clientes	Un		0	15	0	0	15
Kg Colet.	Kg		0	4346	0	0	4346
Percurso	Km	2	2	35	9	16	62
Tempo	h		0:15	5:50	0:31	0:30	7:06
Clientes	Un		0	18	0	0	18
Kg Colet.	Kg		0	5588	0	0	5588

Caminhão N° H38

Coleta realizada em 07/10/2014

Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	3	16	9	17	45
Tempo	h		0:10	4:30	0:39	0:32	5:51
Clientes	Un		0	18	0	0	18
Kg Colet.	Kg		0	4026	0	0	4026
Percurso	Km	2	0	34	1	26	61
Tempo	h		0:20	5:45	0:33	1:09	7:47
Clientes	Un		0	20	0	0	20
Kg Colet.	Kg		0	4029	0	0	4029

Caminhão N° H46

Coleta realizada em 07/10/2014

Indicador	Un	Turno	Depósito/ Setor	Setor	Setor/ Esvaziado	Esvaziado/ Depósito	Total
Percurso	Km	1	3	15	13	16	47
Tempo	h		0:18	4:04	0:36	0:27	5:25
Clientes	Un		0	19	0	0	19
Kg Colet.	Kg		0	3358	0	0	3358
Percurso	Km	2	1	36	16	15	68
Tempo	h		0:10	5:50	0:40	0:32	7:12
Clientes	Un		0	18	0	0	18
Kg Colet.	Kg		0	3089	0	0	3089

Tabela A.7-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H21, 01/10/2014.

Route	#: 2 Tot Time: 4:33	Capacity : 7000.0		
Veh.	Type: 21 Tot Dist: 36.8	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	10:15am		
1	RUA FRANCISCO OTAVIANO , 2	10:23am-10:33am	4.2	345.0
2	RUA BULHOES DE CARVALHO, 1	10:34am-10:44am	0.4	345.0
3	AV. RAINHA ELIZABETH,758,I	10:45am-10:55am	0.3	345.0
4	RUA TEIXEIRA DE MELO, 37,	10:55am-11:05am	0.2	345.0
5	RUA SAINT ROMAN , 408, COP	11:06am-11:16am	0.5	345.0
6	RUA NASCIMENTO SILVA,7,IPA	11:17am-11:27am	0.8	345.0
7	RUA NASCIMENTO SILVA,4,IPA	11:27am-11:37am		345.0
8	RUA VISCONDE DE PIRAJA,288	11:38am-11:48am	0.5	345.0
9	RUA PRUDENTE MORAIS,699, I	11:49am-11:59am	0.1	345.0
10	RUA PRUDENTE MORAIS,699, I	11:59am-12:09pm		345.0
11	RUA VISCONDE DE PIRAJA,366	12:09pm-12:19pm	0.3	345.0
12	RUA REDENTOR,131, IPANEMA	12:20pm-12:30pm	0.3	345.0
13	RUA BARAO DE JAGUARIPE ,22	12:30pm-12:40pm	0.3	345.0
14	RUA NASCIMENTO SILVA,477,I	12:41pm-12:51pm	0.2	345.0
15	RUA MAJOR RUBENS VAZ,551,	12:55pm- 1:05pm	2.5	345.0
16	PRACA SANTOS DUMONT,708, G	1:06pm- 1:16pm	0.3	345.0
17	PRACA SANTOS DUMONT,20, GÁ	1:16pm- 1:26pm	0.0	345.0
18	RUA JARDIM BOTANICO,673,JA	1:28pm- 1:38pm	1.1	345.0
19	RUA LOPES QUINTAS,154, JAR	1:38pm- 1:48pm	0.1	345.0
20	RUA ARAUCARIA,159, JARDIM	1:51pm- 2:01pm	1.6	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	11.1	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			36.8	6901.0

Tabela A.8-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H22, 01/10/2014.

Route	# : 3	Tot Time:4:29	Capacity : 7000.0		
Veh.	Type:22	Tot Dist:34.3	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup	
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	10:20am			
1	RUA BARATA RIBEIRO, 732, C	10:25am-10:35am	2.6	345.0	
2	RUA CONSTANTE RAMOS,131,CO	10:35am-10:45am	0.1	345.0	
3	RUA CONSTANTE RAMOS,78,COP	10:45am-10:55am	0.1	345.0	
4	RUA BARAO DE IPANEMA,29, C	10:55am-11:05am	0.1	345.0	
5	RUA BARATA RIVEIRO, 681, C	11:05am-11:15am	0.1	345.0	
6	RUA POMPEU LOUREIRO,39, CO	11:16am-11:26am	0.1	345.0	
7	RUA BOLIVAR,86, COPACABANA	11:26am-11:36am	0.4	345.0	
8	RUA XAVIER DA SILVEIRA, 53	11:37am-11:47am	0.1	345.0	
9	AV. NOSSA SENHORA DE COPAC	11:47am-11:57am	0.1	345.0	
10	RUA SÁ FERREIRA, 135, COPA	11:58am-12:08pm	0.4	345.0	
11	RUA SOUSA LIMA, 65, COPACA	12:08pm-12:18pm	0.1	345.0	
12	RUA PROFESSOR GASTAO BAHIA	12:19pm-12:29pm	0.9	345.0	
13	RUA PROFESSOR GASTAO BAHIA	12:31pm-12:41pm	0.6	345.0	
14	AV. EPITAFIO PESSOA,2356,I	12:41pm-12:51pm	0.4	345.0	
15	AV. EPITAFIO PESSOA,2566,I	12:52pm- 1:02pm	0.2	345.0	
16	AV. EPITAFIO PESSOA,3490,I	1:04pm- 1:14pm	1.2	345.0	
17	AV. EPITAFIO PESSOA,3856,I	1:14pm- 1:24pm		345.0	
18	AV. ALEXANDRE FERREIRA,146	1:27pm- 1:37pm	1.8	345.0	
19	AVENIDA LINEU DE PAULA MAC	1:39pm- 1:49pm	1.3	345.0	
20	RUA JARDIM BOTANICO,157,JA	1:52pm- 2:02pm	1.4	345.0	
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	10.5	1.0	
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0		
Total			34.3	6901.0	

Tabela A.9-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H38, 01/10/2014.

Route	# :1	Tot Time:4:35	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:38	Tot Dist:37.8	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup	
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	10:14am			
1	RUA JARDIM BOTANICO,192,JA	10:18am-10:28am	2.4	345.0	
2	RUA JARDIM BOTANICO,179,JA	10:28am-10:38am		345.0	
3	RUA LOPES QUINTAS,390, JAR	10:41am-10:51am	1.7	345.0	
4	RUA ABREU FIALHO,33, JARDI	10:52am-11:02am	0.5	345.0	
5	RUA GIRONDINO ESTEVES,36,	11:03am-11:13am	0.3	345.0	
6	RUA VON MARTIUS,325, JARDI	11:14am-11:24am	0.7	345.0	
7	PRACA SANTOS DUMONT,140, G	11:27am-11:37am	1.7	345.0	
8	RUA MARQUES DE SAO VICENTE	11:37am-11:47am	0.1	345.0	
9	RUA ARTUR ARARIPE,67,GÁVEA	11:48am-11:58am	0.2	345.0	
10	RUA CITISO,96, RIO COMPRID	12:11pm-12:21pm	7.8	345.0	
11	RUA SANTANÉSIA,7,RIO COMPR	12:22pm-12:32pm	0.3	345.0	
12	RUA HADDOCK LOBO,334,RIO C	12:34pm-12:44pm	1.1	345.0	
13	RUA DO OBISPO,180, RIO COM	12:45pm-12:55pm	0.5	345.0	
14	RUA DO OBISPO,94, RIO COMP	12:55pm- 1:05pm	0.2	345.0	
15	RUA SALVADOR DE MENDONCA,1	1:06pm- 1:16pm	0.4	345.0	
16	RUA SAO CLAUDIO, 63, ESTAC	1:17pm- 1:27pm	0.8	345.0	
17	RUA SAO CLAUDIO,115, ESTAC	1:27pm- 1:37pm		345.0	
18	RUA SAO CLAUDIO, 11, ESTAC	1:38pm- 1:48pm	0.0	345.0	
19	RUA CORONEL ACHILLES PEDER	1:57pm- 2:07pm	5.6	345.0	
20	RUA CORONEL SILVIO PORTEL	2:07pm- 2:17pm	0.0	345.0	
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	1.5	1.0	
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0		
Total			37.8	6901.0	

Tabela A.10-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H46, 01/10/2014.

Route	# : 4	Tot Time: 2:21	Capacity : 3000.0		
Veh.	Type:46	Tot Dist: 30.0	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup	
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	12:27pm			
1	RUA SANTA CLARA,372, COPAC	12:31pm-12:41pm	2.1	345.0	
2	RUA SANTA CLARA,191, COPAC	12:41pm-12:51pm	0.0	345.0	
3	RUA CINCO DE JULHO,63, COP	12:52pm- 1:02pm	0.2	345.0	
4	RUA BARATA RIVEIRO, 539, C	1:02pm- 1:12pm	0.0	345.0	
5	RUA CONSTANTE RAMOS,138,CO	1:13pm- 1:23pm	0.3	345.0	
6	RUA FONTE DA SAUDADE,280,	1:28pm- 1:38pm	3.2	345.0	
7	RUA FONTE DA SAUDADE,71, L	1:39pm- 1:49pm	0.5	345.0	
8	RUA SENADOR LUCIO BITTENC	1:51pm- 2:01pm	1.0	345.0	
9	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	11.1	1.0	
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0		
Total			30.0	2761.0	

Tabela A.11-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H42, 01/10/2014.

Route	#: 6 Tot Time: 4:36	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:42 Tot Dist: 38.6	Depart Load:0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	6:32pm		
1	RUA DUQUE ESTRADA,31, GÁVE	6:43pm- 6:53pm	6.0	345.0
2	RUA FREDERICO EYER,141, GÁ	6:54pm- 7:04pm	0.4	345.0
3	RUA MARQUES DE SAO VICENTE	7:05pm- 7:15pm	0.5	345.0
4	RUA TENENTE ARANTES FILHO,	7:16pm- 7:26pm	0.5	345.0
5	RUA SAO CLEMENTE, 327, BOT	7:37pm- 7:47pm	6.7	345.0
6	RUA SAO CLEMENTE, 126, BOT	7:48pm- 7:58pm	0.6	345.0
7	RUA SAO CLEMENTE, 157, BOT	7:59pm- 8:09pm	0.1	345.0
8	RUA BARAO DE LUCENA,43, BO	8:09pm- 8:19pm	0.2	345.0
9	RUA ASSUNCAO,204, BOTAFOGO	8:19pm- 8:29pm	0.2	345.0
10	RUA ASSUNCAO,174, BOTAFOGO	8:30pm- 8:40pm	0.2	345.0
11	RUA ASSUNCAO,140, BOTAFOGO	8:40pm- 8:50pm		345.0
12	RUA MUNDO NOVO,876, BOTAFO	8:50pm- 9:00pm	0.1	345.0
13	RUA CLARICE INDIO DO BRASI	9:01pm- 9:11pm	0.9	345.0
14	RUA MARQUES DE ABRANTES 15	9:12pm- 9:22pm	0.1	345.0
15	RUA MARQUES DE ABRANTES 10	9:22pm- 9:32pm	0.2	345.0
16	RUA SENADOR VERGUEIRO,218,	9:33pm- 9:43pm	0.3	345.0
17	RUA SENADOR VERGUEIRO,123,	9:43pm- 9:53pm	0.3	345.0
18	RUA MARQUES DE ABRANTES 12	9:54pm-10:04pm	0.1	345.0
19	RUA MARQUES DE ABRANTES 12	10:04pm-10:14pm		345.0
20	RUA MARQUES DE ABRANTES, 2	10:14pm-10:24pm	0.1	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	9.3	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			38.6	6901.0

Tabela A.12-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H44, 01/10/2014.

Route	#:7 Tot Time:4:36	Capacity:7000.0		
Veh.	Type: 44 Tot Dist:38.2	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	6:33pm		
1	RUA MINISTRO VIVEIROS DE C	6:37pm- 6:47pm	2.1	345.0
2	RUA RONALD DE CARVALHO,154	6:47pm- 6:57pm	0.1	345.0
3	AV. NOSSA SENHORA DE COPAC	6:57pm- 7:07pm	0.1	345.0
4	AV. NOSSA SENHORA DE COPAC	7:07pm- 7:17pm		345.0
5	AV. NOSSA SENHORA DE COPAC	7:17pm- 7:27pm		345.0
6	RUA BARATA RIBEIRO,96,COPA	7:28pm- 7:38pm	0.2	345.0
7	RUA BARATA RIBEIRO,184,COP	7:38pm- 7:48pm	0.0	345.0
8	RUA OTAVIANO HUDSON , 34 ,	7:48pm- 7:58pm	0.3	345.0
9	RUA VISCONDE DE PIRAJA,565	8:05pm- 8:15pm	4.2	345.0
10	RUA JOAO LIRA,812, LEBLON	8:17pm- 8:27pm	1.1	345.0
11	RUA JOAO LIRA,209, LEBLON	8:28pm- 8:38pm	0.3	345.0
12	RUA RITA RUDOLF, 58, LEBLO	8:40pm- 8:50pm	1.1	345.0
13	AV.VISCONDE DE ALBUQUERQUE	8:51pm- 9:01pm	0.6	345.0
14	RUA ARTUR ARARIPE,71,GÁVEA	9:02pm- 9:12pm	0.8	345.0
15	AVENIDA PADRE LEONEL FRANC	9:13pm- 9:23pm	0.3	345.0
16	RUA JOAO BORGES,15, GÁVEA	9:25pm- 9:35pm	1.0	345.0
17	RUA MARQUES DE SAO VICENTE	9:35pm- 9:45pm	0.4	345.0
18	RUA EMBAIXADOR CARLOS TAYL	9:46pm- 9:56pm	0.0	345.0
19	RUA MARQUES DE SAO VICENTE	9:56pm-10:06pm	0.2	345.0
20	RUA MAJOR RUBENS VAZ,611,	10:07pm-10:17pm	0.3	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	13.6	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			38.2	6901.0

Tabela A.13-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H76, 01/10/2014.

Route	#:5 Tot Time:4:29	Capacity:7000.0		
Veh.	Type: 76 Tot Dist:34.5	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	6:39pm		
1	RUA SENADOR VERGUEIRO,85,F	6:44pm- 6:54pm	2.7	345.0
2	RUA SENADOR VERGUEIRO,138,	6:54pm- 7:04pm		345.0
3	RUA CONDE DE BAEPENDI, 112	7:05pm- 7:15pm	0.2	345.0
4	RUA CONDE DE BAEPENDI, 141	7:15pm- 7:25pm	0.4	345.0
5	RUA ITAPIRU, 155, CATUMB	7:29pm- 7:39pm	2.2	345.0
6	RUA AMBIRE CALVANCANTI,171	7:43pm- 7:53pm	2.2	345.0
7	RUA AZEVEDO LIMA,68,RIO C	7:54pm- 8:04pm	0.8	345.0
8	RUA ITAPIRU,1487, RIO COMP	8:05pm- 8:15pm	0.2	345.0
9	RUA CANDIDO DE OLIVEIRA,45	8:17pm- 8:27pm	1.0	345.0
10	RUA ITAPIRU,1108, RIO COMP	8:28pm- 8:38pm	0.9	345.0
11	RUA VISCONDE DE JEQUITINHO	8:39pm- 8:49pm	0.7	345.0
12	RUA SANTOS RODRIGUES, 96,	8:52pm- 9:02pm	1.3	345.0
13	RUA MAIA DE LACERDA, 119,	9:02pm- 9:12pm	0.3	345.0
14	RUA RIACHUELO, 325, CENTRO	9:15pm- 9:25pm	1.6	345.0
15	RUA DO REZENDE,103, CENTRO	9:26pm- 9:36pm	0.6	345.0
16	RUA DA RELACAO,49, CENTRO	9:37pm- 9:47pm	0.4	345.0
17	AVENIDA GOMES FREIRE,474,C	9:47pm- 9:57pm	0.1	345.0
18	RUA DOS INVALIDOS, 185,CEN	9:58pm-10:08pm	0.2	345.0
19	RUA DO SENADO,320,CENTRO	10:09pm-10:19pm	0.7	345.0
20	RUA ALFONSO CAVALCANTI, 33	10:22pm-10:32pm	1.5	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	4.8	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			34.5	6901.0

Tabela A.14-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H92, 01/10/2014.

Route	# :8 Tot Time:2:16	Capacity:3000.0		
Veh.	Type:92 Tot Dist:26.9	Depart Load:0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	8:52pm		
1	RUA FELIPE DE OLIVEIRA,04,	8:56pm- 9:06pm	1.8	345.0
2	RUA BARATA RIBEIRO,90, COP	9:06pm- 9:16pm	0.2	345.0
3	RUA BELFORT ROXO,371, COPA	9:17pm- 9:27pm	0.2	345.0
4	AV.PRINCESA ISABEL,236, CO	9:27pm- 9:37pm	0.2	345.0
5	RUA GUILHERMINA GUINLE,77,	9:41pm- 9:51pm	2.4	345.0
6	RUA GUILHERMINA GUINLE,77,	9:51pm-10:01pm		345.0
7	RUA EDUARDO GUINLE,25, BOT	10:02pm-10:12pm	0.3	345.0
8	RUA EDUARDO GUINLE,48, BOT	10:12pm-10:22pm		345.0
9	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	10.6	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			26.9	2761.0

Tabela A.15-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H21, 02/10/2014.

Route	#:2 Tot Time:4:25	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:21 Tot Dist:32.3	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	10:23am		
1	RUA IPU,196, BOTAFOGO	10:25am-10:35am	1.0	345.0
2	RUA VISCONDE DE SILVA,42,	10:36am-10:46am	0.4	345.0
3	RUA CONDE DE IRAJA,532,BOT	10:46am-10:56am		345.0
4	RUA PINHEIRO GUIMARAES,48,	10:56am-11:06am	0.1	345.0
5	RUA PINHEIRO GUIMARAES,91,	11:06am-11:16am	0.0	345.0
6	RUA VISCONDE DE SILVA,154,	11:17am-11:27am	0.2	345.0
7	RUA MACEDO SOBRINHO,53, HU	11:27am-11:37am	0.1	345.0
8	RUA VITORIO DA COSTA,243,	11:38am-11:48am	0.4	345.0
9	RUA MIGUEL PEREIRA,18,HUMA	11:48am-11:58am	0.2	345.0
10	RUA JOAO ALFONSO,11, HUMAI	11:59am-12:09pm	0.2	345.0
11	LARGO DO HUMAITA,109, HUMA	12:09pm-12:19pm	0.0	345.0
12	RUA VISCONDE DE SILVA,276,	12:19pm-12:29pm	0.3	345.0
13	RUA HUMAITA,229, HUMAITA	12:30pm-12:40pm	0.2	345.0
14	RUA ENG.MARQUES PORTO,104,	12:40pm-12:50pm	0.1	345.0
15	RUA HUMAITA,270, HUMAITA	12:50pm- 1:00pm	0.2	345.0
16	RUA HUMAITA,261, HUMAITA	1:00pm- 1:10pm		345.0
17	AV. ALEXANDRE FERREIRA,20,	1:11pm- 1:21pm	0.4	345.0
18	RUA JARDIM BOTANICO,709, J	1:24pm- 1:34pm	1.4	345.0
19	RUA PACHECO LEAO,1558, JAR	1:37pm- 1:47pm	1.7	345.0
20	RUA JARDIM BOTANICO,171, J	1:52pm- 2:02pm	3.0	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	10.7	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			32.3	6901.0

Tabela A.16-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H22, 02/10/2014.

Route	#:3 Tot Time:4:25	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:22 Tot Dist: 32.1	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	10:23am		
1	RUA TONELERO,380, COPACABA	10:28am-10:38am	2.1	345.0
2	RUA SANTA CLARA,98, COPACA	10:38am-10:48am	0.0	345.0
3	RUA SANTA CLARA,268, COPAC	10:48am-10:58am		345.0
4	RUA TONELERO,265, COPACABA	10:58am-11:08am	0.0	345.0
5	RUA CINCO DE JULHO,300, CO	11:08am-11:18am	0.2	345.0
6	RUA BARATA RIBEIRO,638,COP	11:19am-11:29am	0.2	345.0
7	RUA BARATA RIBEIRO,662,COP	11:29am-11:39am		345.0
8	RUA CONSTANTE RAMOS,131, C	11:39am-11:49am	0.2	345.0
9	RUA CONSTANTE RAMOS,182, C	11:49am-11:59am		345.0
10	RUA BARAO DE IPANEMA,29,CO	12:00pm-12:10pm	0.3	345.0
11	RUA BULHOES DE CARVALHO,48	12:12pm-12:22pm	1.3	345.0
12	RUA FRANCISCO SA,88, COPAC	12:23pm-12:33pm	0.4	345.0
13	RUA SOUSA LIMA,16, COPACAB	12:33pm-12:43pm	0.1	345.0
14	RUA AIRES DE SALDANHA,127,	12:44pm-12:54pm	0.3	345.0
15	AV. ATLANTICA,746, COPACAB	12:54pm- 1:04pm	0.4	345.0
16	RUA DOMINGOS FERREIRA,97,C	1:06pm- 1:16pm	0.9	345.0
17	RUA SANTA CLARA,41, COPACA	1:16pm- 1:26pm	0.1	345.0
18	RUA SANTA CLARA,86, COPACA	1:26pm- 1:36pm	0.1	345.0
19	RUA SIQUEIRA CAMPOS,302, C	1:37pm- 1:47pm	0.7	345.0
20	RUA HILARIO DE GOUVEIA,120	1:48pm- 1:58pm	0.4	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	12.6	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			32.1	6901.0

Tabela A.17-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H38, 02/10/2014.

Route	#:1 Tot Time:4:47	Capacity:7000.0		
Veh.	Type: 38 Tot Dist: 45.0	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	10:01am		
1	RUA PADRE ACHOTEGUI,51, LE	10:11am-10:21am	5.6	345.0
2	RUA FADEL FADEL,140,LEBLO	10:22am-10:32am	0.2	345.0
3	RUA ADALBERTO FERREIRA,19,	10:33am-10:43am	0.3	345.0
4	AV. BARTOLOMEU MITRE,705,	10:43am-10:53am	0.2	345.0
5	AV. BARTOLOMEU MITRE,705,	10:53am-11:03am		345.0
6	RUA CONDE BERNADOTTE,26,LE	11:03am-11:13am	0.2	345.0
7	RUA GENERAL ARTIGAS,325, L	11:14am-11:24am	0.4	345.0
8	RUA GENERAL VENANCIO FLORE	11:24am-11:34am	0.1	345.0
9	RUA PROFESSOR ARTUR RAMOS,	11:35am-11:45am	0.2	345.0
10	AVENIDA ATAULFO DE PAIVA,1	11:45am-11:55am	0.3	345.0
11	RUA GENERAL URQUIZA,204, L	11:56am-12:06pm	0.3	345.0
12	RUA RAINHA GUILHERMINA,77,	12:06pm-12:16pm	0.2	345.0
13	RUA JERONIMO MONTEIRO,216,	12:17pm-12:27pm	0.3	345.0
14	RUA MAJOR TOJA MARTINEZ FI	12:31pm-12:41pm	2.1	345.0
15	ESTRADA DA GAVEA, 646, SAO	12:47pm-12:57pm	3.7	345.0
16	RUA DUQUE ESTRADA,226 GÁVE	1:03pm- 1:13pm	3.1	345.0
17	PRACA SANTOS DUMONT,126, G	1:15pm- 1:25pm	1.1	345.0
18	PRACA SANTOS DUMONT,138, G	1:25pm- 1:35pm	0.1	345.0
19	RUA NINA RODRIGUES,29,JARD	1:38pm- 1:48pm	1.8	345.0
20	RUA INDIANA, 15, COSME VEL	1:55pm- 2:05pm	4.1	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	8.6	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			45.0	6901.0

Tabela A.18-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H46, 02/10/2014.

Route	#:4 Tot Time:2:16	Capacity:3000.0		
Veh.	Type:46 Tot Dist:26.6	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	12:33pm		
1	RUA TONELERO,13, COPACABAN	12:37pm-12:47pm	2.0	345.0
2	RUA TONELERO,195, COPACABA	12:47pm-12:57pm	0.2	345.0
3	RUA FIGUEREDO DE MAGALHAES	12:58pm- 1:08pm	0.4	345.0
4	RUA SIQUEIRA CAMPOS,244, C	1:08pm- 1:18pm	0.1	345.0
5	RUA FIGUEREDO DE MAGALHAES	1:19pm- 1:29pm	0.1	345.0
6	LADEIRA DOS TABAJARAS,631,	1:29pm- 1:39pm	0.0	345.0
7	RUA REAL GRANDEZA,82, BOTA	1:40pm- 1:50pm	0.5	345.0
8	RUA PAULO BARRETO,39, BOTA	1:51pm- 2:01pm	1.0	345.0
9	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	10.8	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			26.6	2761.0

Tabela A.19-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H42, 02/10/2014.

Route	#:6 Tot Time:4:21	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:42 Tot Dist: 29.7	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	6:47pm		
1	RUA MARQUES DE OLINDA,106,	6:50pm- 7:00pm	1.5	345.0
2	RUA MARQUES DE OLINDA,61,	7:01pm- 7:11pm	0.0	345.0
3	PRAIA DE BOTAFOGO, 416, B	7:12pm- 7:22pm	0.8	345.0
4	PRAIA DE BOTAFOGO, 360, BO	7:23pm- 7:33pm	0.3	345.0
5	PRAIA DE BOTAFOGO, 198, B	7:33pm- 7:43pm		345.0
6	AV.OSWALDO CRUZ,90,FLAMENG	7:43pm- 7:53pm	0.5	345.0
7	AV.OSWALDO CRUZ,61,FLAMENG	7:54pm- 8:04pm	0.3	345.0
8	RUA SENADRO VERGUERIO,167,	8:05pm- 8:15pm	0.3	345.0
9	RUA SENADOR VERGUEIRO, 80,	8:15pm- 8:25pm	0.4	345.0
10	RUA MARQUES DE ABRANTES, 3	8:26pm- 8:36pm	0.2	345.0
11	RUA COELHO NETO,4, LARANJE	8:37pm- 8:47pm	0.5	345.0
12	RUA PRESIDENTE CARLOS DE C	8:48pm- 8:58pm	0.5	345.0
13	RUA DAS LARANJEIRAS, 130,	8:59pm- 9:09pm	0.7	345.0
14	RUA SOARES CABRAL, 80, LAR	9:10pm- 9:20pm	0.5	345.0
15	RUA ALICE , 175, LARANJERI	9:21pm- 9:31pm	0.6	345.0
16	RUA TEIXEIRA MENDES, 108,	9:33pm- 9:43pm	0.9	345.0
17	RUA BELISARIO TAVORA, 467,	9:43pm- 9:53pm	0.1	345.0
18	RUA DAS LARANJEIRAS, 197,	9:55pm-10:05pm	1.4	345.0
19	RUA DAS LARANJEIRAS, 183,	10:05pm-10:15pm	0.0	345.0
20	RUA PEREIRA DA SILVA, 764,	10:16pm-10:26pm	0.3	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	8.2	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			29.7	6901.0

Tabela A.20-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H44, 02/10/2014.

Route	#:7 Tot Time:4:27	Capacity:7000.0		
Veh.	Type: 44 Tot Dist:33.4	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	6:41pm		
1	RUA DUVVIER,46, COPACABAN	6:45pm- 6:55pm	2.3	345.0
2	AV. NOSSA SENHORA DE COPAC	6:55pm- 7:05pm	0.0	345.0
3	AV.NOSSA SENHORA DE COPACA	7:05pm- 7:15pm		345.0
4	AV. NOSSA SENHORA DE COPAC	7:15pm- 7:25pm		345.0
5	AV. NOSSA SENHORA DE COPAC	7:25pm- 7:35pm		345.0
6	AV. ATLANTICA,1480, COPACA	7:36pm- 7:46pm	0.1	345.0
7	RUA GUSTAVO SAMPAIO,710, L	7:48pm- 7:58pm	1.2	345.0
8	RUA GUSTAVO SAMPAIO,187, L	7:58pm- 8:08pm		345.0
9	RUA GENERAL RIBEIRO DA COS	8:08pm- 8:18pm	0.2	345.0
10	RUA GENERAL RIBEIRO DA COS	8:19pm- 8:29pm	0.1	345.0
11	RUA LAURO MULLER, 26, BOTA	8:31pm- 8:41pm	1.5	345.0
12	RUA DOUTOR XAVIER SIGAUD,2	8:42pm- 8:52pm	0.7	345.0
13	RUA MANUEL NIOBEI, 24, URC	8:56pm- 9:06pm	2.3	345.0
14	RUA MARECHAL CANTUARIA, 18	9:08pm- 9:18pm	1.0	345.0
15	AVENIDA PORTUGAL, 936, URC	9:19pm- 9:29pm	0.3	345.0
16	PRAIA DE BOTAFOGO, 324, B	9:31pm- 9:41pm	1.4	345.0
17	RUA SAO CLEMENTE, 45, BOTA	9:42pm- 9:52pm	0.2	345.0
18	RUA BAMBINA , 66, BOTAFOGO	9:53pm-10:03pm	0.5	345.0
19	RUA MARQUEZ DE OLINDA,106,	10:03pm-10:13pm	0.3	345.0
20	RUA MARQUES DE OLINDA,64,	10:14pm-10:24pm	0.2	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	9.5	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			33.4	6901.0

Tabela A.21-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H76, 02/10/2014.

Route	#:5 Tot Time:4:16	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:76 Tot Dist: 27.0	Depart Load:0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	6:52pm		
1	PRAIA DO FLAMENGO, 254, FL	6:57pm- 7:07pm	2.8	345.0
2	RUA SENADOR VERGUEIRO, 23,	7:08pm- 7:18pm	0.1	345.0
3	RUA SAO SALVADOR, 30, FLAM	7:18pm- 7:28pm	0.3	345.0
4	RUA CONDE DE BAEPENDI, 70,	7:28pm- 7:38pm	0.1	345.0
5	RUA CONDE DE BAEPENDI, 1	7:38pm- 7:48pm	0.0	345.0
6	LARGO DO MACHADO,08, CATET	7:49pm- 7:59pm	0.2	345.0
7	RUA DOIS DE DEZEMBRO,25,FL	8:00pm- 8:10pm	0.5	345.0
8	RUA CORREA DUTRA,72, CATET	8:11pm- 8:21pm	0.5	345.0
9	RUA BENTO LISBOA,89, CATET	8:21pm- 8:31pm	0.4	345.0
10	RUA BENTO LISBOA,24, CATET	8:32pm- 8:42pm	0.2	345.0
11	RUA PEDRO AMERICO,418, CAT	8:43pm- 8:53pm	0.5	345.0
12	RUA PEDRO AMERICO,1105, CA	8:53pm- 9:03pm		345.0
13	RUA PEDRO AMERICO,110, CAT	9:03pm- 9:13pm	0.0	345.0
14	RUA DO CATETE,28, GLORIA	9:13pm- 9:23pm	0.2	345.0
15	RUA DO RUSSEL,344,GLORIA	9:24pm- 9:34pm	0.1	345.0
16	RUA DA GLORIA,348, GLORIA	9:34pm- 9:44pm	0.2	345.0
17	RUA CANDIDO MENDES,236, GL	9:45pm- 9:55pm	0.6	345.0
18	RUA TENENTE POSSOLO, 18, C	9:59pm-10:09pm	2.0	345.0
19	RUA RIACHUELO,333, CENTRO	10:09pm-10:19pm	0.1	345.0
20	RUA DE SANTANA,77, CENTRO	10:20pm-10:30pm	0.7	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	5.7	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			27.0	6901.0

Tabela A.22-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H92, 02/10/2014.

Route	#:8 Tot Time:2:13	Capacity:3000.0		
Veh.	Type:92 Tot Dist: 24.9	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	8:55pm		
1	RUA CONDE DE IRAJA,386,BOT	8:58pm- 9:08pm	1.3	345.0
2	RUA VOLUNTARIOS DA PATRIA,	9:08pm- 9:18pm	0.1	345.0
3	RUA HUMAITA,44, HUMAITA	9:19pm- 9:29pm	0.3	345.0
4	RUA HUMAITA,18, HUMAITA	9:29pm- 9:39pm	0.1	345.0
5	RUA HUMAITA,12, HUMAITA	9:39pm- 9:49pm		345.0
6	RUA ICATU,12, HUMAITA	9:50pm-10:00pm	0.1	345.0
7	RUA SAO CLEMENTE, 250, BOT	10:00pm-10:10pm	0.5	345.0
8	RUA MARECHALFRANCISCO DE M	10:11pm-10:21pm	0.2	345.0
9	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	11.1	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			24.9	2761.0

Tabela A.23-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H21, 03/10/2014.

Route	#:2 Tot Time:4:39	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:21 Tot Dist:40.3	Depart Load:0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	10:09am		
1	RUA ALMIRANTE SADDOK DE S	10:17am-10:27am	4.3	345.0
2	RUA ALMIRANTE SADOCK DE SA	10:27am-10:37am		345.0
3	AVENIDA EPITACIO PESSOA, 7	10:42am-10:52am	2.6	345.0
4	RUA MINISTRO ARMANDO DE A	10:52am-11:02am	0.0	345.0
5	RUA SANTA ALEXANDRINA, 565	11:10am-11:20am	4.8	345.0
6	RUA ALMIRANTE ALEXANDRNHO	11:25am-11:35am	2.8	345.0
7	VILA RIALMA, 36, CATUMBI	11:39am-11:49am	2.4	345.0
8	RUA TERESOPOLIS, 96, SANTA	11:52am-12:02pm	1.9	345.0
9	RUA JOAQUIM MURTINHO,802,	12:03pm-12:13pm	0.2	345.0
10	RUA HERMENEGILDO DE BARRO	12:13pm-12:23pm	0.2	345.0
11	LADEIRA SANTA TERESA, 111,	12:24pm-12:34pm	0.4	345.0
12	RUA SILVIO ROMERO, 18, SAN	12:35pm-12:45pm	0.6	345.0
13	RUA FRANCISCO MURATORI, 31	12:45pm-12:55pm	0.0	345.0
14	RUA MONTE ALEGRE, 113, SAN	12:57pm- 1:07pm	1.0	345.0
15	RUA CARDEAL DOM SEBASTIAO	1:07pm- 1:17pm	0.0	345.0
16	RUA CARDEAL DOM SEBASTIAO	1:17pm- 1:27pm		345.0
17	RUA CARDEAL DOM SEBASTIAO	1:28pm- 1:38pm	0.2	345.0
18	RUA CARDEAL DOM SEBASTIAO	1:38pm- 1:48pm		345.0
19	RUA COSTA BASTOS, 114, SAN	1:48pm- 1:58pm	0.1	345.0
20	RUA PAULA MATOS, 201, SANT	1:59pm- 2:09pm	0.7	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	6.3	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			40.3	6901.0

Tabela A.24-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H22, 03/10/2014.

Route	#:3 Tot Time:4:32	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:22 Tot Dist:36.2	Depart Load:0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	10:16am		
1	RUA BARATA RIBEIRO, 662, C	10:21am-10:31am	2.7	345.0
2	RUA BARATA RIBEIRO, 723, C	10:32am-10:42am	0.1	345.0
3	RUA BARATA RIBEIRO, 727, C	10:42am-10:52am	0.1	345.0
4	AVENIDA NOSSA SENHORA DE C	10:52am-11:02am	0.2	345.0
5	AVENIDA NOSSA SENHORA DE C	11:03am-11:13am	0.2	345.0
6	AVENIDA ATLANTICA, 1998, C	11:14am-11:24am	0.4	345.0
7	RUA JOAQUIM NABUCO,238, IP	11:26am-11:36am	1.3	345.0
8	RUA GOMES DE CARNEIRO, 84,	11:37am-11:47am	0.4	345.0
9	RUA GOMES DE CARNEIRO, 141	11:48am-11:58am	0.4	345.0
10	RUA ALBERTO DE CAMPOS , 10	11:59am-12:09pm	0.9	345.0
11	RUA ALBERTO DE CAMPOS , 77	12:10pm-12:20pm	0.2	345.0
12	AVENIDA EPITACIO PESSOA, 7	12:20pm-12:30pm	0.4	345.0
13	RUA JOANA ANGELICA, 60, IP	12:31pm-12:41pm	0.4	345.0
14	RUA BARAO DA TORRE, 95, IP	12:41pm-12:51pm	0.2	345.0
15	RUA BARAO DE JAGUARIFE ,29	12:52pm- 1:02pm	0.4	345.0
16	RUA VISCONDE DE IPARAJA, 4	1:03pm- 1:13pm	0.3	345.0
17	RUA VISCONDE DE IPARAJA, 5	1:13pm- 1:23pm	0.4	345.0
18	RUA VISCONDE DE IPARAJA, 6	1:23pm- 1:33pm	0.1	345.0
19	RUA BARONESA DE POCONÉ, 71	1:41pm- 1:51pm	4.2	345.0
20	RUA CASUARINA, 597, LAGOA	1:51pm- 2:01pm	0.4	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	10.8	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			36.2	6901.0

Tabela A.25-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H38, 03/10/2014.

Route	#:1 Tot Time:4:33	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:38 Tot Dist:37.0	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	10:15am		
1	RUA COSTA FERRAZ, 45, RIO	10:26am-10:36am	6.1	345.0
2	RUA COSTA FERRAZ, 55, RIO	10:36am-10:46am	0.2	345.0
3	RUA COSTA FERRAZ,18, RIO C	10:46am-10:56am		345.0
4	RUA ARISTIDES LOBO,57, RIO	10:57am-11:07am	0.2	345.0
5	RUA CAMPOS DA PAZ, 112, RI	11:07am-11:17am		345.0
6	BECO DA LAGOINHA, 15, SAN	11:25am-11:35am	5.0	345.0
7	RUA SAMPAIO VIANA , 225, R	11:44am-11:54am	4.9	345.0
8	RUA BARAO DE ITAPAGIPE,385	11:55am-12:05pm	0.7	345.0
9	RUA BARAO DE ITAPAGIPE,256	12:06pm-12:16pm	0.3	345.0
10	RUA BARAO DE ITAPAGIPE,27,	12:16pm-12:26pm	0.3	345.0
11	RUA BARAO DE ITAPAGIPE,152	12:26pm-12:36pm		345.0
12	RUA BARAO DE ITAPAGIPE,138	12:37pm-12:47pm	0.0	345.0
13	AVENIDA PAULO DE FRONTIN,	12:47pm-12:57pm	0.4	345.0
14	RUA SAO CLAUDIO, 30, ESTAC	12:58pm- 1:08pm	0.5	345.0
15	RUA SAO CLAUDIO, 34, ESTAC	1:08pm- 1:18pm		345.0
16	RUA SAO CARLOS, 479, ESTAC	1:19pm- 1:29pm	0.5	345.0
17	RUA LAURINDO RABELO, 105,	1:30pm- 1:40pm	0.2	345.0
18	RUA LAURINDO RABELO, 78, E	1:40pm- 1:50pm		345.0
19	RUA NERI PINHEIRO, 355, ES	1:51pm- 2:01pm	0.5	345.0
20	RUA MAIA DE LACERDA, 6, ES	2:01pm- 2:11pm	0.2	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	5.2	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			37.0	6901.0

Tabela A.26-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H46, 03/10/2014.

Route	#:4 Tot Time:2:17	Capacity:3000.0		
Veh.	Type:46 Tot Dist:27.5	Depart Load:0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	12:31pm		
1	RUA DIAS ROCHA, 79,COPACAB	12:36pm-12:46pm	2.5	345.0
2	RUA BARATA RIBEIRO, 551, C	12:46pm-12:56pm	0.0	345.0
3	RUA DINIZ CORDEIRO, 660, B	1:00pm- 1:10pm	1.9	345.0
4	RUA PRINCIPIADO DE MONACO,	1:10pm- 1:20pm		345.0
5	RUA PINHEIRO GUIMARAES, 48	1:20pm- 1:30pm	0.2	345.0
6	RUA CONDE DE IRAJA, 603, B	1:30pm- 1:40pm	0.1	345.0
7	RUA CONDE DE IRAJA, 386, B	1:40pm- 1:50pm	0.1	345.0
8	RUA PINHEIRO GUIMARAES, 11	1:51pm- 2:01pm	0.2	345.0
9	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	11.2	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			27.5	2761.0

Tabela A.27-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H42, 03/10/2014.

Route	#:6 Tot Time:4:17	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:42 Tot Dist:27.4	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	6:51pm		
1	RUA DAS PALMEIRAS, 57, BOT	6:53pm- 7:03pm	0.8	345.0
2	RUA VOLUNTARIOS DA PATRIA,	7:03pm- 7:13pm	0.0	345.0
3	RUA VOLUNTARIOS DA PATRIA,	7:13pm- 7:23pm		345.0
4	RUA VOLUNTARIOS DA PATRIA,	7:23pm- 7:33pm		345.0
5	RUA DA MATRIZ, 26, BOTAFOG	7:34pm- 7:44pm	0.4	345.0
6	RUA SAO CLEMENTE, 287, BOT	7:44pm- 7:54pm	0.1	345.0
7	RUA SAO CLEMENTE, 283, BOT	7:54pm- 8:04pm	0.1	345.0
8	RUA SAO CLEMENTE, 398, BOT	8:04pm- 8:14pm		345.0
9	RUA SAO CLEMENTE, 262, BOT	8:14pm- 8:24pm	0.0	345.0
10	RUA DEZENOVE DE FEVEREIRO,	8:25pm- 8:35pm	0.5	345.0
11	TRAVESSA VISCONDE DE MORA	8:36pm- 8:46pm	0.3	345.0
12	RUA MINISTRO RAUL FERNANDE	8:47pm- 8:57pm	0.4	345.0
13	RUA BAMBINA , 55, BOTAFOGO	8:57pm- 9:07pm	0.2	345.0
14	RUA VISCONDE DE OURO PRETO	9:07pm- 9:17pm	0.1	345.0
15	RUA PROFESSOR ALFREDO GOME	9:18pm- 9:28pm	0.3	345.0
16	RUA FARANI, 3, BOTAFOGO	9:29pm- 9:39pm	0.6	345.0
17	PRAIA DE BOTAFOGO, 1110, B	9:39pm- 9:49pm	0.1	345.0
18	RUA BARAO DE ITAMBI, 66, B	9:50pm-10:00pm	0.2	345.0
19	RUA DOUTOR JULIO OTONI, 23	10:06pm-10:16pm	3.5	345.0
20	RUA PROFESSOR OLINTO DE OL	10:17pm-10:27pm	0.3	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	7.8	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			27.4	6901.0

Tabela A.28-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H44, 03/10/2014.

Route	#:7 Tot Time:4:28	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:44 Tot Dist:33.9	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	6:40pm		
1	RUA MARECHAL MASCARENHAS D	6:44pm- 6:54pm	2.2	345.0
2	RUA MARECHAL MASCARENHAS D	6:55pm- 7:05pm	0.0	345.0
3	AVENIDA NOSSA SENHORA DE C	7:05pm- 7:15pm	0.3	345.0
4	RUA REPUBLICA DO PERU, 146	7:15pm- 7:25pm	0.0	345.0
5	RUA REPUBLICA DO PERU, 143	7:25pm- 7:35pm		345.0
6	AVENIDA NOSSA SENHORA DE C	7:36pm- 7:46pm	0.4	345.0
7	AVENIDA NOSSA SENHORA DE C	7:46pm- 7:56pm		345.0
8	RUA ROBERTO DIAS LOPES, 22	7:57pm- 8:07pm	0.5	345.0
9	RUA GUSTAVO SAMPAIO, 761 ,	8:08pm- 8:18pm	0.7	345.0
10	RUA GUSTAVO SAMPAIO, 756 ,	8:19pm- 8:29pm	0.6	345.0
11	RUA GUSTAVO SAMPAIO, 746 ,	8:29pm- 8:39pm		345.0
12	AVENIDA PRINCESA ISABEL, 2	8:40pm- 8:50pm	0.3	345.0
13	RUA ROBERTO DIAS LOPES, 23	8:50pm- 9:00pm	0.1	345.0
14	AVENIDA CARLOS PEIXOTO, 80	9:02pm- 9:12pm	0.9	345.0
15	RUA MARECHAL RAMON CASTILL	9:12pm- 9:22pm	0.2	345.0
16	RUA MARECHAL RAMON CASTILL	9:22pm- 9:32pm		345.0
17	RUA LAURO MULLER, 36, BOTA	9:33pm- 9:43pm	0.3	345.0
18	AVENIDA VENCESLAU BRAZ, 14	9:44pm- 9:54pm	0.5	345.0
19	RUA OTAVIO CORREIA, 241, U	9:57pm-10:07pm	2.1	345.0
20	RUA MANOEL NIOBEI, 111, UR	10:08pm-10:18pm	0.1	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	13.0	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			33.9	6901.0

Tabela A.29-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H76, 03/10/2014.

Route	#:5 Tot Time:4:22	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:76 Tot Dist:30.1	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	6:47pm		
1	RUA BENJAMIN CONSTANT,52,	6:55pm- 7:05pm	4.6	345.0
2	RUA BENJAMIN CONSTANT,70,G	7:05pm- 7:15pm		345.0
3	TRAVESSA MANUEL LEBRAO, 24	7:16pm- 7:26pm	0.4	345.0
4	LADEIRA DO DURAQ, 03, SANT	7:26pm- 7:36pm	0.2	345.0
5	RUA SILVIO ROMERO, 8, SANT	7:38pm- 7:48pm	1.4	345.0
6	LADEIRA SANTA TERESA, 113,	7:50pm- 8:00pm	0.6	345.0
7	RUA HERMENEGILDO DE BARROS	8:00pm- 8:10pm	0.0	345.0
8	RUA MURTINHO NOBRE,84,SANT	8:10pm- 8:20pm	0.1	345.0
9	RUA FELICIO DOS SANTOS,9,	8:21pm- 8:31pm	0.8	345.0
10	RUA TEREZINA, 12, SANTA TE	8:32pm- 8:42pm	0.1	345.0
11	RUA TEREZINA, 19, SANTA TE	8:42pm- 8:52pm		345.0
12	RUA MIGUEL REZENDE, 548, S	8:53pm- 9:03pm	0.5	345.0
13	RUA ALMIRANTE ALEXANDRINO,	9:04pm- 9:14pm	0.6	345.0
14	RUA DO ORIENTE, 240, SANT	9:15pm- 9:25pm	0.7	345.0
15	RUA COSTA BASTOS, 575, SAN	9:25pm- 9:35pm	0.2	345.0
16	RUA SANTO ALFREDO, 54, SAN	9:36pm- 9:46pm	0.1	345.0
17	RUA SANTO ALFREDO, 24, SAN	9:46pm- 9:56pm	0.1	345.0
18	RUA PADRE MIGUELINHO, 77,	9:57pm-10:07pm	0.4	345.0
19	RUA ENGENHEIRO MIGUEL AUST	10:08pm-10:18pm	0.6	345.0
20	RUA DO PARAISO, 51, SANTA	10:20pm-10:30pm	1.0	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	5.9	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			30.1	6901.0

Tabela A.30-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H92, 03/10/2014.

Route	#:8 Tot Time:2:15	Capacity:3000.0		
Veh.	Type:92 Tot Dist: 26.5	Depart Load:0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	8:53pm		
1	RUA ARNALDO QUINTELA, 75,	8:54pm- 9:04pm	0.5	345.0
2	RUA GENERAL SEVERIANO, 209	9:05pm- 9:15pm	0.4	345.0
3	RUA FELIPE DE OLIVEIRA, 11	9:17pm- 9:27pm	1.0	345.0
4	RUA RONALD DE CARVALHO, 26	9:27pm- 9:37pm	0.4	345.0
5	RUA BARATA RIBEIRO, 52, CO	9:38pm- 9:48pm	0.2	345.0
6	AVENIDA PRADO JUNIOR, 330,	9:48pm- 9:58pm	0.1	345.0
7	RUA DA PASSSAGEM, 163, BOT	10:00pm-10:10pm	1.2	345.0
8	RUA DEZENOVE DE FEVEREIRO,	10:12pm-10:22pm	0.8	345.0
9	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	10.7	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			26.5	2761.0

Tabela A.31-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H21, 04/10/2014.

Route	#:2 Tot Time:4:35	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:21 Tot Dist:37.8	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	10:14am		
1	RUA SA FERREIRA, 142, COPA	10:20am-10:30am	3.6	345.0
2	RUA SA FERREIRA, 171, COPA	10:30am-10:40am		345.0
3	RUA SOUSA LIMA, 257,COPACA	10:41am-10:51am	0.2	345.0
4	RUA JULIO DE CASTILHOS, 35	10:51am-11:01am	0.2	345.0
5	RUA JULIO DE CASTILHOS, 33	11:01am-11:11am		345.0
6	RUA RAUL POMPEIA, 95, COPA	11:11am-11:21am	0.1	345.0
7	RUA RAUL POMPEIA, 149, COP	11:22am-11:32am	0.1	345.0
8	RUA JOAQUIM NABUCO,138, CO	11:32am-11:42am	0.1	345.0
9	RUA SA FERREIRA,172,COPACA	11:43am-11:53am	0.5	345.0
10	RUA VISCONDE DE CARAVELAS,	11:59am-12:09pm	3.6	345.0
11	RUA MACEDO SOBRINHO, 53, H	12:10pm-12:20pm	0.5	345.0
12	RUA HUMAITA, 234, HUMAITA	12:21pm-12:31pm	0.3	345.0
13	RUA OLIVERIA ROCHA,11,JARD	12:33pm-12:43pm	1.6	345.0
14	RUA OLIVERIA ROCHA,53,JARD	12:44pm-12:54pm	0.1	345.0
15	RUA CONDE DE ALFONSO CELSO	12:54pm- 1:04pm	0.0	345.0
16	RUA PACHECO LEAO, 1167, JA	1:05pm- 1:15pm	0.6	345.0
17	RUA ALBERTO RIBEIRO,33,JAR	1:17pm- 1:27pm	0.8	345.0
18	RUA FARO,51, JARDIM BOTANI	1:29pm- 1:39pm	1.3	345.0
19	RUA BENJAMIN BATISTA,107,J	1:40pm- 1:50pm	0.4	345.0
20	RUA MINISTRO ARTUR RIBEIRO	1:52pm- 2:02pm	1.1	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	10.7	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			37.8	6901.0

Tabela A.32-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H22, 04/10/2014.

Route	#:3 Tot Time:4:11	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:22 Tot Dist:29.8	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	10:37am		
1	RUA FIGUEREDO DE MAGALHAES	10:41am-10:51am	1.6	345.0
2	RUA SANTA CLARA, 158, COPA	10:52am-11:02am	0.4	345.0
3	RUA SANTA CLARA, 336, COPA	11:02am-11:12am		345.0
4	RUA SANTA CLARA, 191, COPA	11:12am-11:22am	0.0	345.0
5	RUA CINCO DE JULHO, 350, C	11:22am-11:32am	0.2	345.0
6	RUA DIAS DA ROCHA, 39, COP	11:32am-11:42am	0.2	345.0
7	RUA BARATA RIBEIRO, 806,	11:42am-11:52am		345.0
8	RUA BARATA RIBEIRO, 582, C	11:52am-12:02pm		345.0
9	RUA CONSTANTE RAMOS, 137,	12:03pm-12:13pm	0.2	345.0
10	RUA CONSTANTE RAMOS, 147,	12:13pm-12:23pm	0.0	345.0
11	AVENIDA HENRIQUE DODSWORTH	12:24pm-12:34pm	0.6	345.0
12	PRACA EUGENIO JARDIM, 39,	12:34pm-12:44pm	0.2	345.0
13	RUA BARATA RIBEIRO, 746, C	12:45pm-12:55pm	0.2	345.0
14	RUA LEOPOLDO MIGUEZ, 40, C	12:55pm- 1:05pm	0.1	345.0
15	RUA XAVIER DA SILVEIRA, 56	1:05pm- 1:15pm	0.1	345.0
16	RUA AIRES DE SALDANHA, 28,	1:16pm- 1:26pm	0.2	345.0
17	RUA DOMINGOS FERREIRA, 63,	1:27pm- 1:37pm	0.6	345.0
18	RUA SIQUEIRA CAMPOS, 33, C	1:37pm- 1:47pm	0.4	345.0
19	RUA HILARIO DE GOUVEIA, 74	1:48pm- 1:58pm	0.4	345.0
20	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	12.6	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			29.8	6556.0

Tabela A.33-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H38, 04/10/2014.

Route	#:1 Tot Time:4:42	Capacity :7000.0		
Veh.	Type:38 Tot Dist:42.3	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	10:06am		
1	AVENIDA BORGES DE MEDEREIR	10:11am-10:21am	2.5	345.0
2	RUA MARIO RIBEIRO,91,LEBLO	10:25am-10:35am	2.6	345.0
3	RUA PADRE ANCHOTEGUI,25,LE	10:36am-10:46am	0.4	345.0
4	RUA GILBERTO CARDOSO,200,	10:46am-10:56am	0.2	345.0
5	AVENIDA BARTOLOMEU MITRE,	10:57am-11:07am	0.1	345.0
6	RUA CONDE DE BERNADOTTE, 2	11:07am-11:17am	0.2	345.0
7	RUA HUMBERTO DE CAMPOS, 63	11:17am-11:27am	0.1	345.0
8	AVENIDA ATAULFO DE PAIVA,6	11:28am-11:38am	0.3	345.0
9	RUA PROFESSOR ARTUR RAMOS,	11:39am-11:49am	0.4	345.0
10	RUA DIAS FERREIRA,425,LEBL	11:49am-11:59am	0.3	345.0
11	AVENIDA VISCONDE ALBUQUERQ	12:00pm-12:10pm	0.3	345.0
12	AVENIDA PADRE LEONEL FRANC	12:12pm-12:22pm	1.1	345.0
13	AVENIDA NIEMEYER,869,SAO C	12:28pm-12:38pm	3.4	345.0
14	RUA MARQUES DE SAO VICENTE	12:43pm-12:53pm	3.2	345.0
15	RUA ARTUR ARARIPE, 67, GAV	12:55pm- 1:05pm	0.8	345.0
16	RUA DAS ACACIAS,29, GAVEA	1:05pm- 1:15pm	0.2	345.0
17	PRACA SANTOS DUMOND,104,GA	1:15pm- 1:25pm	0.3	345.0
18	RUA SANTA ALEXANDRINA, 401	1:37pm- 1:47pm	6.6	345.0
19	RUA DO BISPO, 222, RIO COM	1:49pm- 1:59pm	1.2	345.0
20	RUA DO BISPO, 94, RIO COMP	2:00pm- 2:10pm	0.4	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	6.0	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			42.3	6901.0

Tabela A.34-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H46, 04/10/2014.

Route	#:4 Tot Time:1:39	Capacity:3000.0		
Veh.	Type:46 Tot Dist:28.4	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	1:10pm		
1	RUA TONELERO, 301 COPACABA	1:14pm- 1:24pm	2.0	345.0
2	RUA TONELERO, 180, COPACAB	1:24pm- 1:34pm		345.0
3	RUA REPUBLICA DO PERU, 114	1:34pm- 1:44pm	0.2	345.0
4	RUA SACADURA CABRAL, 303,	1:59pm- 2:09pm	8.8	345.0
5	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	6.1	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			28.4	1381.0

Tabela A.35-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H42, 04/10/2014.

Route	#:6 Tot Time:4:30	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:42 Tot Dist:35.1	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	6:38pm		
1	RUA JAGUA, 200, BOTAFOGO	6:45pm- 6:55pm	3.8	345.0
2	RUA BELISARIO TAVORA,627,L	6:58pm- 7:08pm	1.4	345.0
3	RUA BELISARIO TAVORA,80,LA	7:08pm- 7:18pm		345.0
4	RUA ALMIRANTE SALGADO,369,	7:19pm- 7:29pm	0.8	345.0
5	RUA SENADOR PEDRO VELHO,14	7:31pm- 7:41pm	0.9	345.0
6	RUA DOUTOR OTONI, 266, SAN	7:44pm- 7:54pm	1.8	345.0
7	RUA DAS LARANJEIRAS, 336,	7:55pm- 8:05pm	0.5	345.0
8	RUA DAS LARANJEIRAS, 470,	8:06pm- 8:16pm	0.8	345.0
9	RUA MARQUES DE ABRANTES, 1	8:17pm- 8:27pm	0.7	345.0
10	RUA MARQUES DE ABRANTES, 7	8:28pm- 8:38pm	0.2	345.0
11	RUA PAISSANDU, 73, FLAMENG	8:38pm- 8:48pm	0.2	345.0
12	RUA SENADOR VERGUEIRO, 138	8:49pm- 8:59pm	0.1	345.0
13	RUA SENADOR VERGUEIRO, 174	8:59pm- 9:09pm		345.0
14	RUA CONDE DE LAGES, 22, CE	9:12pm- 9:22pm	1.9	345.0
15	RUA TAILOR, 39, CENTRO	9:22pm- 9:32pm	0.1	345.0
16	TRAVESSA DO MOSQUEIRA, 31,	9:33pm- 9:43pm	0.4	345.0
17	TRAVESSA DO MOSQUEIRA, 21,	9:43pm- 9:53pm		345.0
18	RUA CARDEAL DOM SEBASTIAO	9:56pm-10:06pm	1.5	345.0
19	RUA COSTA BASTOS, 34, SANT	10:06pm-10:16pm	0.3	345.0
20	RUA SANTA CATARINA, 359, S	10:18pm-10:28pm	0.9	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	7.1	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			35.1	6901.0

Tabela A.36-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H44, 04/10/2014.

Route	#:7 Tot Time:4:23	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:44 Tot Dist:31.0	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	6:45pm		
1	RUA MINISTRO DE VIVEIROS D	6:49pm- 6:59pm	2.1	345.0
2	RUA MARECHAL MASCARENHAS D	7:00pm- 7:10pm	0.3	345.0
3	RUA VOLUNTARIOS DA PATRIA,	7:14pm- 7:24pm	2.3	345.0
4	RUA MARQUES, 7, HUMAITA	7:25pm- 7:35pm	0.6	345.0
5	RUA DAVID CAMPISTA, 296, H	7:36pm- 7:46pm	0.4	345.0
6	RUA SOROCABA, 277, BOTAFOG	7:47pm- 7:57pm	1.0	345.0
7	RUA BARAO DE LUCENA, 91, B	7:59pm- 8:09pm	0.6	345.0
8	RUA ASSUNCAO, 71, BOTAFOGO	8:09pm- 8:19pm	0.1	345.0
9	RUA MARQUES DE ABRANTES, 1	8:21pm- 8:31pm	1.3	345.0
10	RUA MARQUES DE ABRANTES, 1	8:31pm- 8:41pm		345.0
11	RUA MARQUES DE ABRANTES, 1	8:41pm- 8:51pm		345.0
12	AVENIDA OSWALDO CRUZ, 106,	8:52pm- 9:02pm	0.4	345.0
13	AVENIDA OSWALDO CRUZ, 90,	9:02pm- 9:12pm		345.0
14	RUA HONORIO DE BARROS, 18,	9:12pm- 9:22pm	0.1	345.0
15	RUA HONORIO DE BARROS, 78,	9:23pm- 9:33pm	0.1	345.0
16	RUA SENADOR VERGUEIRO, 184	9:33pm- 9:43pm	0.0	345.0
17	RUA MARQUES DE ABRANTES, 1	9:43pm- 9:53pm	0.1	345.0
18	RUA MARQUES DE ABRANTES, 9	9:53pm-10:03pm	0.2	345.0
19	RUA MARQUES DE ABRANTES, 8	10:03pm-10:13pm		345.0
20	RUA PAISSANDU, 350, FLAMEN	10:14pm-10:24pm	0.7	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	9.0	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			31.0	6901.0

Tabela A.37-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H76, 04/10/2014.

Route	#:5 Tot Time:4:20	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:76 Tot Dist:29.4	Depart Load:0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	6:48pm		
1	RUA PAULA MATOS, 154, SANT	6:57pm- 7:07pm	5.3	345.0
2	RUA RIACHUELO, 321, CENTRO	7:07pm- 7:17pm	0.0	345.0
3	RUA RIACHUELO, 311, CENTRO	7:18pm- 7:28pm	0.1	345.0
4	RUA DO REZENDE, 198, CENTR	7:28pm- 7:38pm	0.1	345.0
5	RUA DAS GRACAS, 72, CENTRO	7:38pm- 7:48pm	0.2	345.0
6	AVENIDA NOSSA SENHORA DE F	7:48pm- 7:58pm	0.0	345.0
7	RUA CARLOS SAMPAIO, 246, C	7:59pm- 8:09pm	0.3	345.0
8	AVENIDA MEM DE SA, 171, CE	8:09pm- 8:19pm	0.2	345.0
9	RUA RIACHUELO, 92, CENTRO	8:20pm- 8:30pm	0.4	345.0
10	RUA RIACHUELO, 102, CENTRO	8:30pm- 8:40pm		345.0
11	RUA DA RELACAO, 55, CENTRO	8:41pm- 8:51pm	0.4	345.0
12	RUA DA RELACAO, 49, CENTRO	8:51pm- 9:01pm		345.0
13	RUA UBALDINO DO AMARAL, 47	9:01pm- 9:11pm	0.3	345.0
14	RUA DO SENADO, 222, CENTRO	9:12pm- 9:22pm	0.1	345.0
15	RUA GENERAL CALDWELL, 276,	9:23pm- 9:33pm	0.5	345.0
16	RUA SANTANA , 156, CENTRO	9:33pm- 9:43pm	0.4	345.0
17	RUA QUEIROZ LIMA, 71, CATU	9:47pm- 9:57pm	2.0	345.0
18	RUA ITAPIRU, 1487, RIO COM	9:59pm-10:09pm	1.1	345.0
19	AVENIDA PAULO DE FRONTIN,	10:10pm-10:20pm	0.9	345.0
20	AVENIDA PAULO DE FRONTIN,	10:20pm-10:30pm		345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	5.5	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			29.4	6901.0

Tabela A.38-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H92, 04/10/2014.

Route	#:8 Tot Time:2:17	Capacity:3000.0		
Veh.	Type:92 Tot Dist:27.6	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	8:51pm		
1	RUA RODOLFO DANTAS, 6, COP	8:56pm- 9:06pm	2.4	345.0
2	AVENIDA NOSSA SENHORA DE C	9:06pm- 9:16pm	0.2	345.0
3	AVENIDA NOSSA SENHORA DE C	9:16pm- 9:26pm		345.0
4	RUA GENERAL RIBEIRO DA COS	9:28pm- 9:38pm	1.1	345.0
5	RUA GENERAL RIBEIRO DA COS	9:38pm- 9:48pm		345.0
6	RUA ANCHIETA, 21, LEME	9:48pm- 9:58pm	0.2	345.0
7	RUA ROBERTO DIAS LOPES, 84	9:59pm-10:09pm	0.4	345.0
8	AVENIDA PRINCESA ISABEL, 2	10:10pm-10:20pm	0.1	345.0
9	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	11.9	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			27.6	2761.0

Tabela A.39-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H21, 07/10/2014.

Route	#:2 Tot Time:4:24	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:21 Tot Dist:31.6	Depart Load:0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	10:24am		
1	RUA DO FIALHO,15, GLORIA (10:32am-10:42am	4.5	345.0
2	RUA ANDRES BELO,21,SANTA T	10:43am-10:53am	0.4	345.0
3	RUA MIGUEL DE PAIVA, 615,	10:55am-11:05am	1.2	345.0
4	TRAVESSA DO ORIENTE, 111,	11:06am-11:16am	0.2	345.0
5	RUA COSTA BASTOS, 34, SANT	11:16am-11:26am	0.2	345.0
6	RUA CARDEAL DOM SEBASTIAO	11:27am-11:37am	0.4	345.0
7	RUA TENENTE POSSOLO, 18, C	11:38am-11:48am	0.8	345.0
8	AVENIDA HENRIQUE VALADARES	11:49am-11:59am	0.1	345.0
9	RUA RIACHUELO, 325, CENTRO	11:59am-12:09pm	0.0	345.0
10	RUA RIACHUELO, 335, CENTRO	12:09pm-12:19pm		345.0
11	RUA SANTO ALFREDO, 28, SAN	12:20pm-12:30pm	0.5	345.0
12	RUA SANTO ALFREDO, 24, SAN	12:30pm-12:40pm	0.1	345.0
13	RUA ITAPIRU, 155, RIO COMP	12:41pm-12:51pm	0.6	345.0
14	TRAVESSA MARIETA, 33, CATU	12:51pm- 1:01pm	0.2	345.0
15	RUA DOUTOR AGRA, 73, CATUM	1:02pm- 1:12pm	0.2	345.0
16	RUA ITAPIRU, 158, RIO COMP	1:12pm- 1:22pm	0.1	345.0
17	RUA QUEIROZ LIMA,71, CATUM	1:23pm- 1:33pm	0.4	345.0
18	RUA NAVARRO, 423, CATUMBI	1:33pm- 1:43pm		345.0
19	RUA DOUTOR JULIO OTONI, 77	1:47pm- 1:57pm	2.1	345.0
20	RUA ITAPIRU, 1607, RIO COM	1:59pm- 2:09pm	1.4	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	6.4	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			31.6	6901.0

Tabela A.40-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H22, 07/10/2014.

Route	#:3 Tot Time:4:43	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:22 Tot Dist:42.5	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	10:06am		
1	RUA MARQUES DE SAO VICENTE	10:17am-10:27am	6.1	345.0
2	RUA PIRATININGA,41, GAVEA	10:27am-10:37am	0.0	345.0
3	ESTRADA DA GAVEA, 125, GAV	10:39am-10:49am	1.2	345.0
4	RUA ALEXANDRE STOCKLER,286	10:50am-11:00am	0.5	345.0
5	AVENIDA VISCONDE DE ALBUQU	11:04am-11:14am	2.3	345.0
6	RUA TIMOTEO DA COSTA,266,L	11:14am-11:24am	0.1	345.0
7	RUA CONDE DE BERNADOTTE,16	11:25am-11:35am	0.7	345.0
8	RUA XAVIER DA SILVEIRA, 97	11:41am-11:51am	3.5	345.0
9	RUA XAVIER DA SILVEIRA, 57	11:52am-12:02pm	0.1	345.0
10	RUA LEOPOLDO MIGUEZ, 67, C	12:02pm-12:12pm	0.1	345.0
11	RUA BARAO DE IPANEMA, 139,	12:12pm-12:22pm	0.1	345.0
12	AVENIDA NOSSA SENHORA DE C	12:22pm-12:32pm	0.1	345.0
13	RUA HILARIO DE GOUVEIA,30,	12:34pm-12:44pm	0.9	345.0
14	RUA HILARIO DE GOUVEIA,35,	12:44pm-12:54pm		345.0
15	RUA HILARIO DE GOUVEIA ,12	12:54pm- 1:04pm	0.2	345.0
16	RUA BARATA RIBEIRO, 322, C	1:04pm- 1:14pm	0.1	345.0
17	RUA SANTO AMARO,107, GLÓRI	1:25pm- 1:35pm	6.0	345.0
18	RUA SANTO AMARO,89, GLORIA	1:35pm- 1:45pm		345.0
19	RUA BENJAMIN CONSTANT,12,	1:46pm- 1:56pm	0.6	345.0
20	RUA TAILOR, 24 , CENTRO	1:57pm- 2:07pm	0.5	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	7.7	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			42.5	6901.0

Tabela A.41-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H38, 07/10/2014.

Route	#:1 Tot Time:4:17	Capacity : 7000.0		
Veh.	Type:38 Tot Dist:27.1	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	10:32am		
1	RUA COSTA BASTOS, 7, SANTA	10:42am-10:52am	5.8	345.0
2	AVENIDA NOSSA SENHORA DE F	10:53am-11:03am	0.3	345.0
3	AVENIDA NOSSA SENHORA DE F	11:03am-11:13am		345.0
4	AVENIDA NOSSA SENHORA DE F	11:13am-11:23am	0.1	345.0
5	AVENIDA NOSSA SENHORA DE F	11:23am-11:33am		345.0
6	AVENIDA NOSSA SENHORA DE F	11:33am-11:43am		345.0
7	RUA ANDRE CALVANCANTI,231,	11:45am-11:55am	0.6	345.0
8	RUA ANDRE CALVANCANTI,245,	11:55am-12:05pm		345.0
9	RUA WASHINGTON LUIS, 50, C	12:06pm-12:16pm	0.8	345.0
10	PRACA CRUZ VERMELHA, 3, CE	12:16pm-12:26pm	0.1	345.0
11	AVENIDA HENRIQUE VALADARES	12:27pm-12:37pm	0.1	345.0
12	RUA DA RELACAO, 55, CENTRO	12:37pm-12:47pm	0.1	345.0
13	AVENIDA GOMES FREIRE, 474,	12:47pm-12:57pm	0.1	345.0
14	RUA DOS INVALIDOS, 93, CEN	12:58pm- 1:08pm	0.2	345.0
15	RUA UBALDINO DO AMARAL, 80	1:08pm- 1:18pm	0.1	345.0
16	RUA FREI CANECA, 148, CENT	1:19pm- 1:29pm	0.5	345.0
17	RUA MONCORVO FILHO, 70, CE	1:29pm- 1:39pm	0.1	345.0
18	RUA MONCORVO FILHO, 40, CE	1:39pm- 1:49pm		345.0
19	RUA MARQUES DE POMBAL, 171	1:50pm- 2:00pm	0.3	345.0
20	RUA DO SENADO, 320, CENTRO	2:00pm- 2:10pm	0.1	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	5.9	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			27.1	6901.0

Tabela A.42-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H46, 07/10/2014.

Route	#:4 Tot Time:2:27	Capacity:3000.0		
Veh.	Type:46 Tot Dist:33.0	Depart Load:0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	12:22pm		
1	RUA DOUTOR MARQUES CANARIO	12:32pm-12:42pm	5.4	345.0
2	RUA MARQUES DE SAO VICENTE	12:44pm-12:54pm	1.3	345.0
3	RUA MARQUES DE SAO VICENTE	12:54pm- 1:04pm	0.2	345.0
4	RUA MARQUES DE SAO VICENTE	1:04pm- 1:14pm		345.0
5	RUA JOAO BORGES , 89, GAVE	1:15pm- 1:25pm	0.3	345.0
6	RUA JOAO BORGES , 24, GAVE	1:25pm- 1:35pm	0.1	345.0
7	RUA EMBAIXADOR CARLOS TAYL	1:36pm- 1:46pm	0.5	345.0
8	PRACA SANTOS DUMOND,138, G	1:47pm- 1:57pm	0.5	345.0
9	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	2:20pm- 2:30pm	13.3	1.0
END	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68	2:49pm	11.0	
Total			33.0	2761.0

Tabela A.43-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H42, 07/10/2014.

Route	#:6 Tot Time:4:26	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:42 Tot Dist:32.5	Depart Load:0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	6:42pm		
1	RUA BARATA RIBEIRO, 292, C	6:47pm- 6:57pm	2.3	345.0
2	RUA BARATA RIBEIRO, 189, C	6:57pm- 7:07pm	0.2	345.0
3	RUA RODOLFO DANTAS, 87,COP	7:08pm- 7:18pm	0.2	345.0
4	AVENIDA NOSSA SENHORA DE C	7:18pm- 7:28pm	0.1	345.0
5	AVENIDA NOSSA SENHORA DE C	7:28pm- 7:38pm	0.0	345.0
6	AVENIDA NOSSA SENHORA DE C	7:38pm- 7:48pm		345.0
7	AVENIDA NOSSA SENHORA DE C	7:48pm- 7:58pm		345.0
8	AVENIDA NOSSA SENHORA DE C	7:58pm- 8:08pm		345.0
9	RUA ROBERTO DIAS LOPES,93,	8:09pm- 8:19pm	0.5	345.0
10	AVENIDA PRINCESA ISABEL,18	8:20pm- 8:30pm	0.1	345.0
11	RUA LAURO MULLER, 128, BOT	8:31pm- 8:41pm	0.9	345.0
12	RUA MARECHAL RAMON CASTILL	8:42pm- 8:52pm	0.3	345.0
13	RUA MARECHAL RAMON CASTILL	8:52pm- 9:02pm	0.3	345.0
14	RUA MANUEL NIOBEL, 37, URC	9:07pm- 9:17pm	2.7	345.0
15	AVENIDA SAO SEBASTIAO, 255	9:17pm- 9:27pm		345.0
16	RUA CANDIDO GAFREE, 107, U	9:28pm- 9:38pm	0.2	345.0
17	RUA BARTOLOMEU PORTELA, 29	9:41pm- 9:51pm	1.9	345.0
18	PRAIA DE BOTAFOGO, 48, BOT	9:52pm-10:02pm	0.6	345.0
19	PRAIA DE BOTAFOGO, 68, BOT	10:02pm-10:12pm	0.1	345.0
20	RUA MUNIZ BARRETO, 771, BO	10:13pm-10:23pm	0.2	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	10.1	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			32.5	6901.0

Tabela A.44-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H44, 07/10/2014.

Route	#:7 Tot Time:4:19	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:44 Tot Dist:28.5	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	6:49pm		
1	RUA BARATA RIBEIRO, 47, CO	6:53pm- 7:03pm	1.8	345.0
2	RUA BARATA RIBEIRO, 23, CO	7:03pm- 7:13pm		345.0
3	RUA BARATA RIBEIRO, 86, CO	7:13pm- 7:23pm	0.1	345.0
4	RUA BARATA RIBEIRO, 180, C	7:24pm- 7:34pm	0.1	345.0
5	RUA MINISTRO VIVEIROS DE C	7:34pm- 7:44pm	0.2	345.0
6	RUA BELFORD ROXO,158, COPA	7:44pm- 7:54pm	0.1	345.0
7	RUA DEZENOVE DE FEVEREIRO,	7:58pm- 8:08pm	2.3	345.0
8	RUA DONA MARIANA, 62, BOTA	8:09pm- 8:19pm	0.1	345.0
9	RUA DEZENOVE DE FEVEREIRO,	8:19pm- 8:29pm		345.0
10	RUA DEZENOVE DE FEVEREIRO,	8:29pm- 8:39pm		345.0
11	RUA DEZENOVE DE FEVEREIRO,	8:39pm- 8:49pm		345.0
12	RUA VOLUNTARIOS DA PATRIA,	8:49pm- 8:59pm	0.0	345.0
13	RUA DONA MARIANA, 131, BOT	8:59pm- 9:09pm	0.0	345.0
14	RUA VOLUNTARIOS DA PATRIA,	9:09pm- 9:19pm	0.3	345.0
15	RUA VOLUNTARIOS DA PATRIA,	9:19pm- 9:29pm		345.0
16	RUA VOLUNTARIOS DA PATRIA,	9:30pm- 9:40pm	0.0	345.0
17	RUA CORONEL ALFONSO ROMANO	9:40pm- 9:50pm	0.3	345.0
18	RUA SAO CLEMENTE, 327, BOT	9:51pm-10:01pm	0.3	345.0
19	RUA EDUARDO GUINLE, 11, BO	10:02pm-10:12pm	0.5	345.0
20	RUA SAO CLEMENTE, 158, BOT	10:12pm-10:22pm	0.1	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	10.5	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			28.5	6901.0

Tabela A.45-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H76, 07/10/2014.

Route	#:5 Tot Time:4:27	Capacity:7000.0		
Veh.	Type:76 Tot Dist:33.2	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	6:41pm		
1	RUA SAO CLEMENTE, 107, BOT	6:44pm- 6:54pm	1.0	345.0
2	RUA SAO CLEMENTE, 373, BOT	6:54pm- 7:04pm		345.0
3	RUA EDUARDO GUINLE, 60, B	7:04pm- 7:14pm	0.5	345.0
4	RUA ASSUNCAO, 450, BOTAFOG	7:15pm- 7:25pm	0.5	345.0
5	RUA MUNDO NOVO, 34, BOTAFO	7:28pm- 7:38pm	1.3	345.0
6	PRAIA DE BOTAFOGO, 28, BOT	7:41pm- 7:51pm	1.7	345.0
7	PRAIA DE BOTAFOGO, 130, BO	7:51pm- 8:01pm	0.3	345.0
8	PRAIA DE BOTAFOGO, 154, BO	8:02pm- 8:12pm	0.1	345.0
9	PRAIA DE BOTAFOGO, 146, BO	8:12pm- 8:22pm		345.0
10	RUA BARAO DE ITAMBI, 7, BO	8:22pm- 8:32pm	0.2	345.0
11	RUA BARAO DE ITAMBI, 17, B	8:32pm- 8:42pm	0.0	345.0
12	RUA SANTO AMARO,21, GLORIA	8:46pm- 8:56pm	2.1	345.0
13	RUA IPIRANGA, 25, LARANJEI	8:59pm- 9:09pm	1.8	345.0
14	RUA PROFESSOR ORTIZ MONTEI	9:12pm- 9:22pm	1.6	345.0
15	RUA ALICE, 240, LARANJEIRA	9:24pm- 9:34pm	1.0	345.0
16	RUA LEITE LEAL, 135, LARAN	9:35pm- 9:45pm	0.6	345.0
17	RUA DAS LARANJEIRAS, 314,	9:45pm- 9:55pm	0.1	345.0
18	RUA DAS LARANJEIRAS, 251,	9:55pm-10:05pm	0.1	345.0
19	RUA DAS LARANJEIRAS, 210,	10:06pm-10:16pm	0.2	345.0
20	RUA OCIDENTAL, 26, SANTA T	10:18pm-10:28pm	1.2	345.0
21	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	7.1	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			33.2	6901.0

Tabela A.46-Relatório do Itinerário de Rota, Veículo H92, 07/10/2014.

Route	#:8 Tot Time:2:13	Capacity:3000.0		
Veh.	Type:92 Tot Dist:25.2	Depart Load: 0.0		
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Pickup
	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	8:55pm		
1	RUA ALVARO RAMOS, 7, BOTAF	8:57pm- 9:07pm	0.7	345.0
2	RUA FERNANDES GUIMARAES, 9	9:07pm- 9:17pm	0.1	345.0
3	RUA GENERAL GOIS MONTEIRO,	9:17pm- 9:27pm	0.1	345.0
4	RUA GENERAL GOIS MONTEIRO,	9:28pm- 9:38pm	0.2	345.0
5	RUA BARATA RIBEIRO, 48, CO	9:39pm- 9:49pm	0.9	345.0
6	RUA BARATA RIBEIRO, 59, CO	9:49pm- 9:59pm		345.0
7	RUA GENERAL SEVERIANO, 211	10:01pm-10:11pm	1.1	345.0
8	RUA GENERAL SEVERIANO, 205	10:11pm-10:21pm	0.2	345.0
9	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	10:40pm-10:50pm	10.8	1.0
END	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68	11:09pm	10.9	
Total			25.2	2761.0

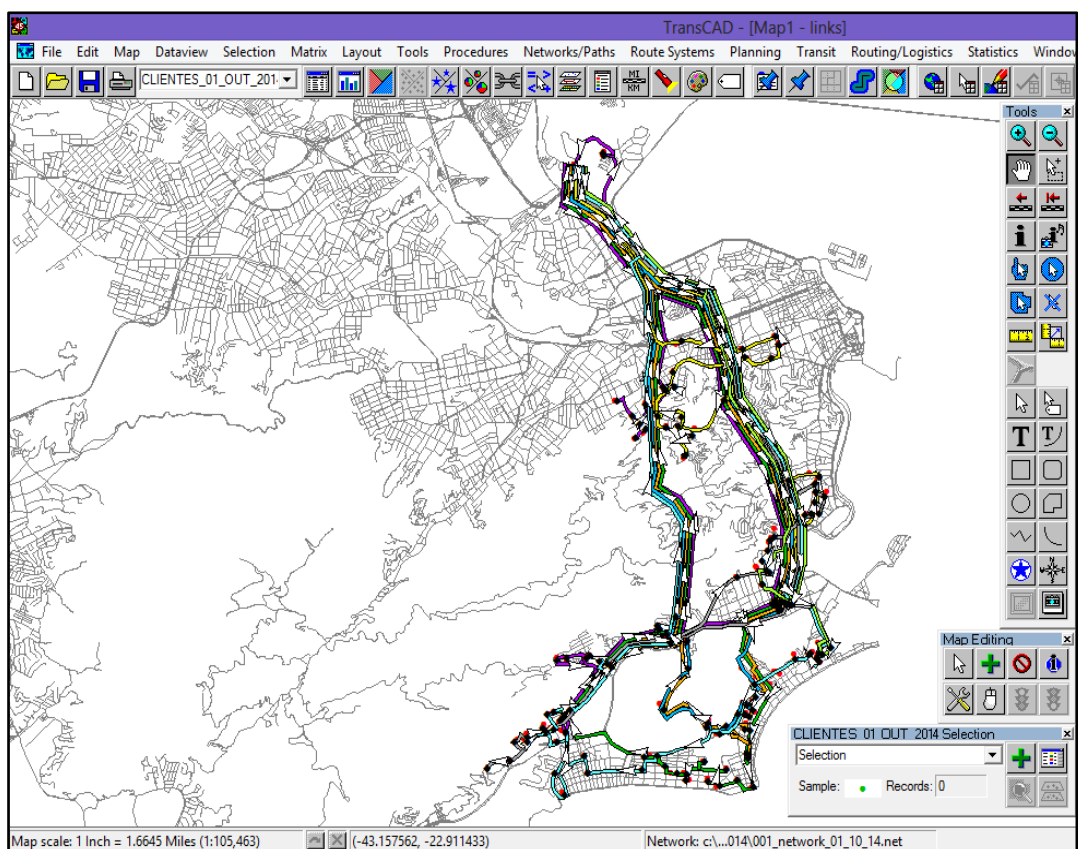


Figura A.1-Mapa de Roteamento consolidado, 01/10/2014.

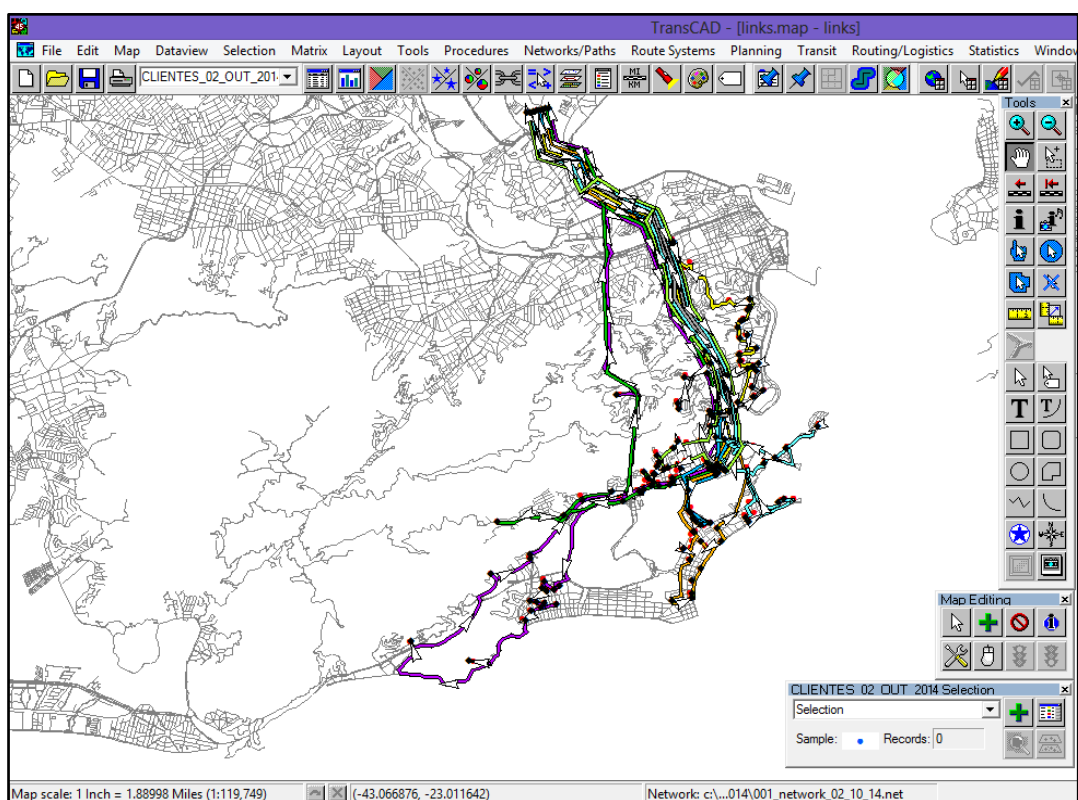


Figura A.2-Mapa de Roteamento consolidado 02/10/2014.

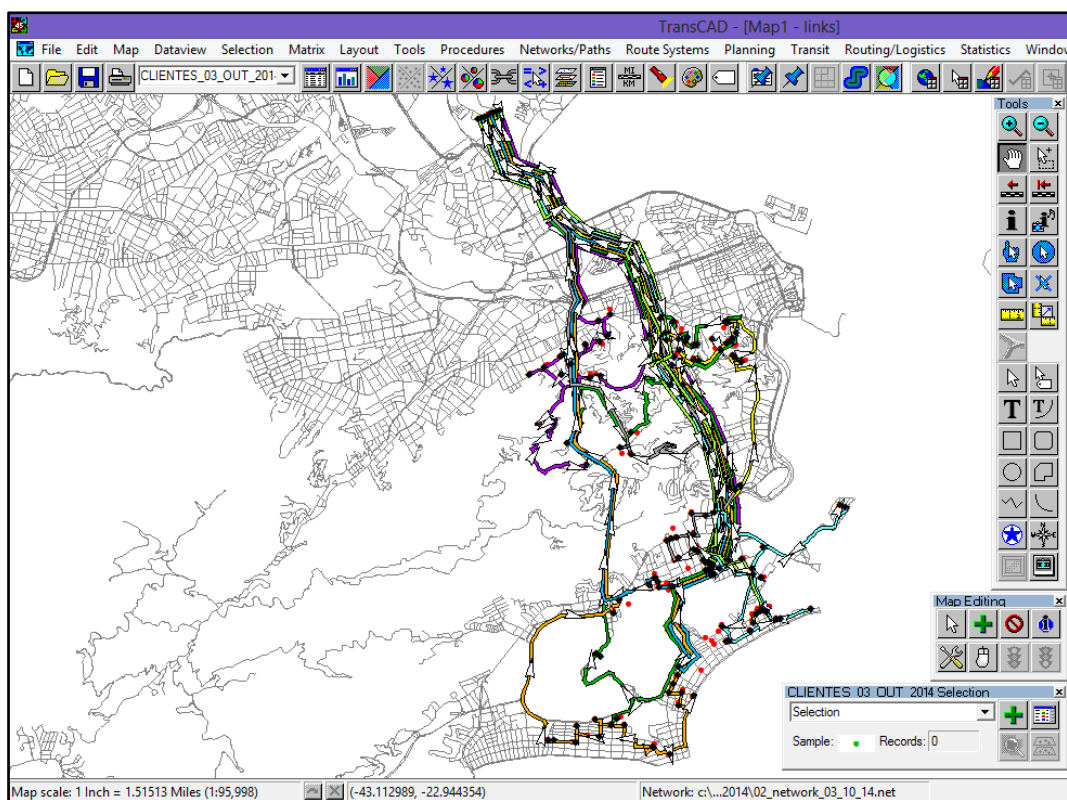


Figura A.3-Mapa de Roteamento consolidado 03/10/2014.

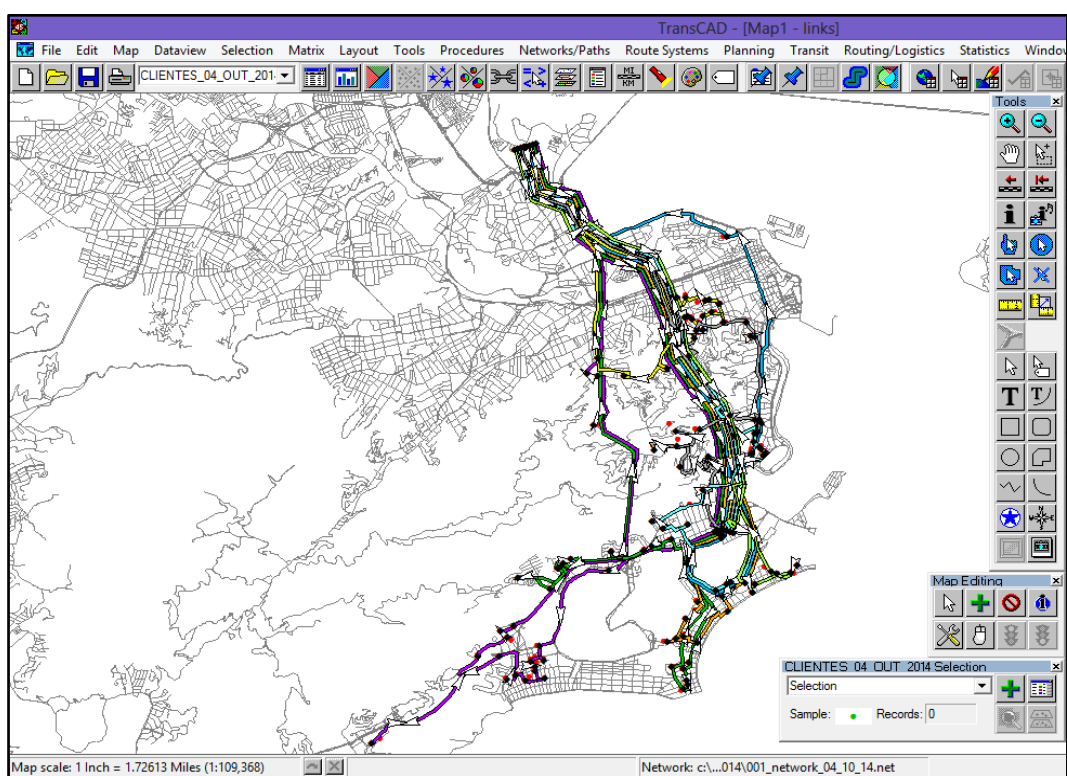


Figura A.4-Mapa de Roteamento consolidado 04/10/2014.

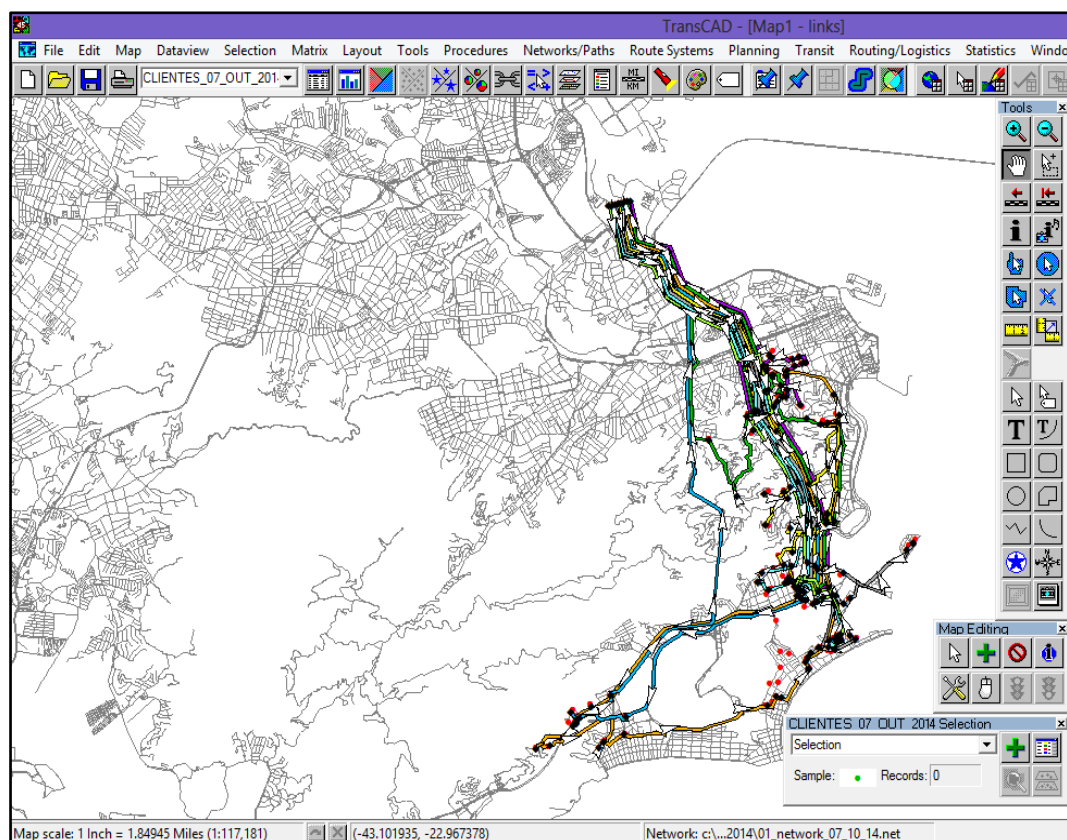


Figura A.5-Mapa de Roteamento consolidado 07/10/2014.

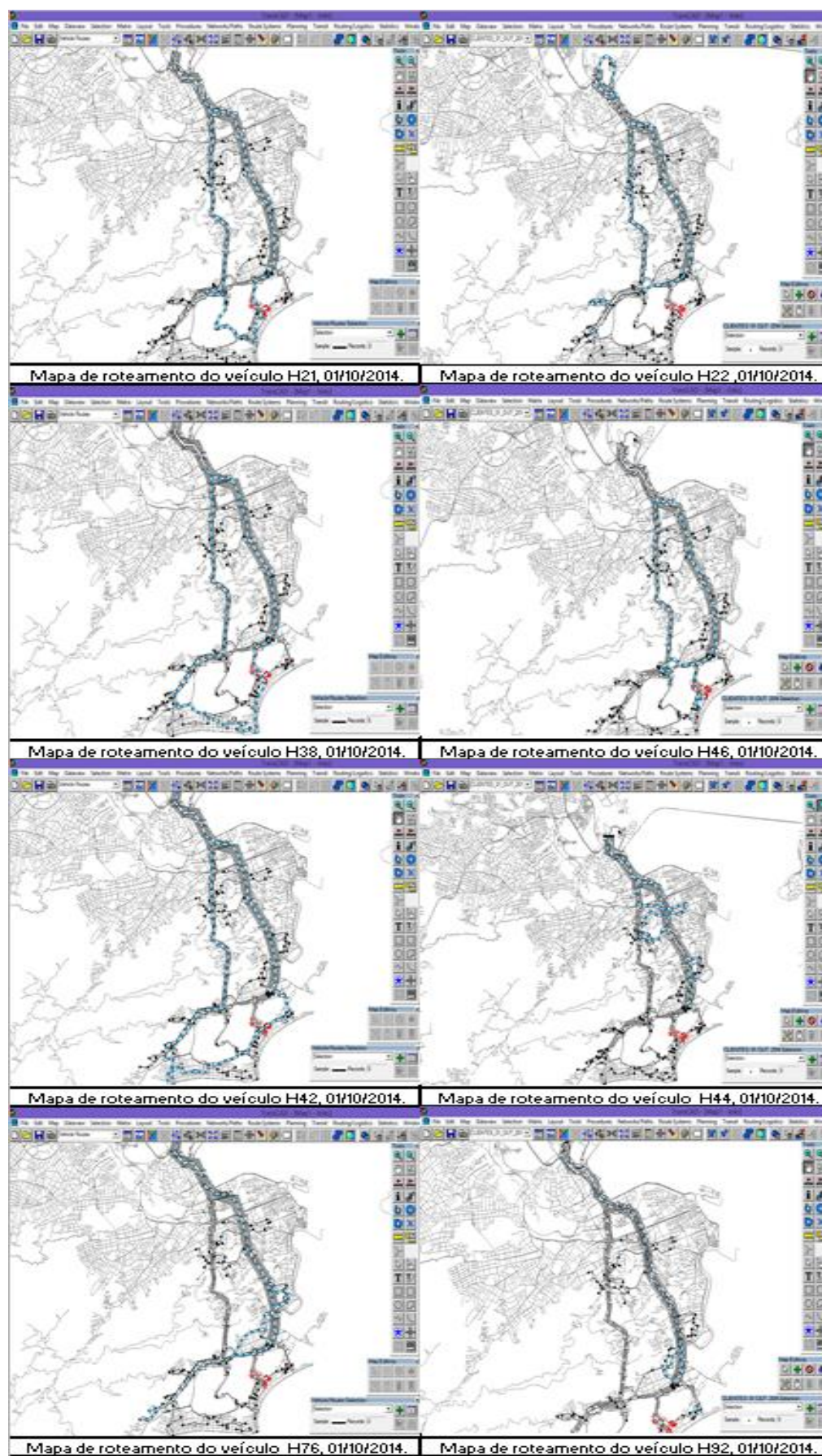


Figura A.6-Mapa de Roteamento por veículo, 01/10/2014.

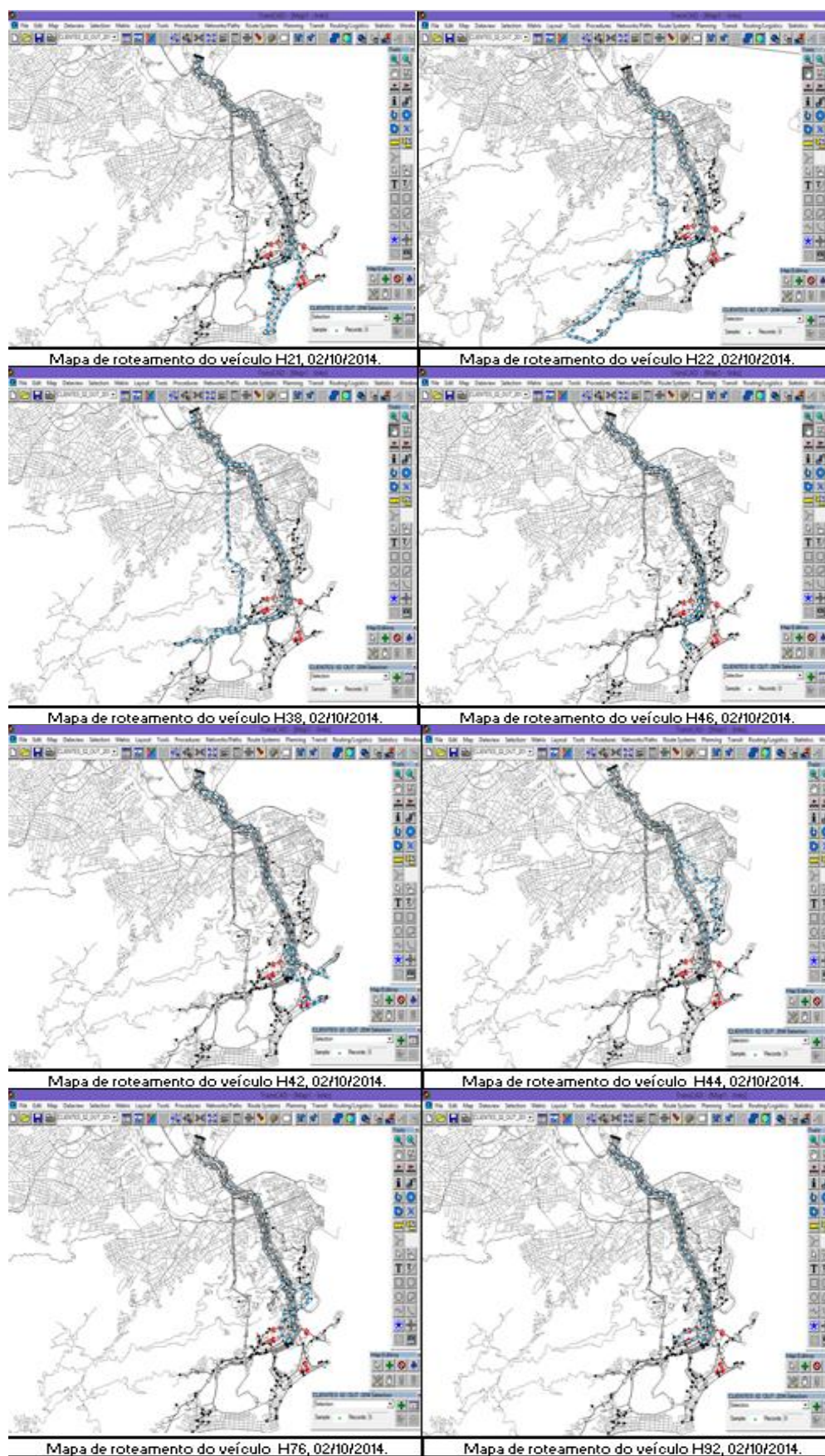


Figura A.7-Mapa de Roteamento por veículo, 02/10/2014.

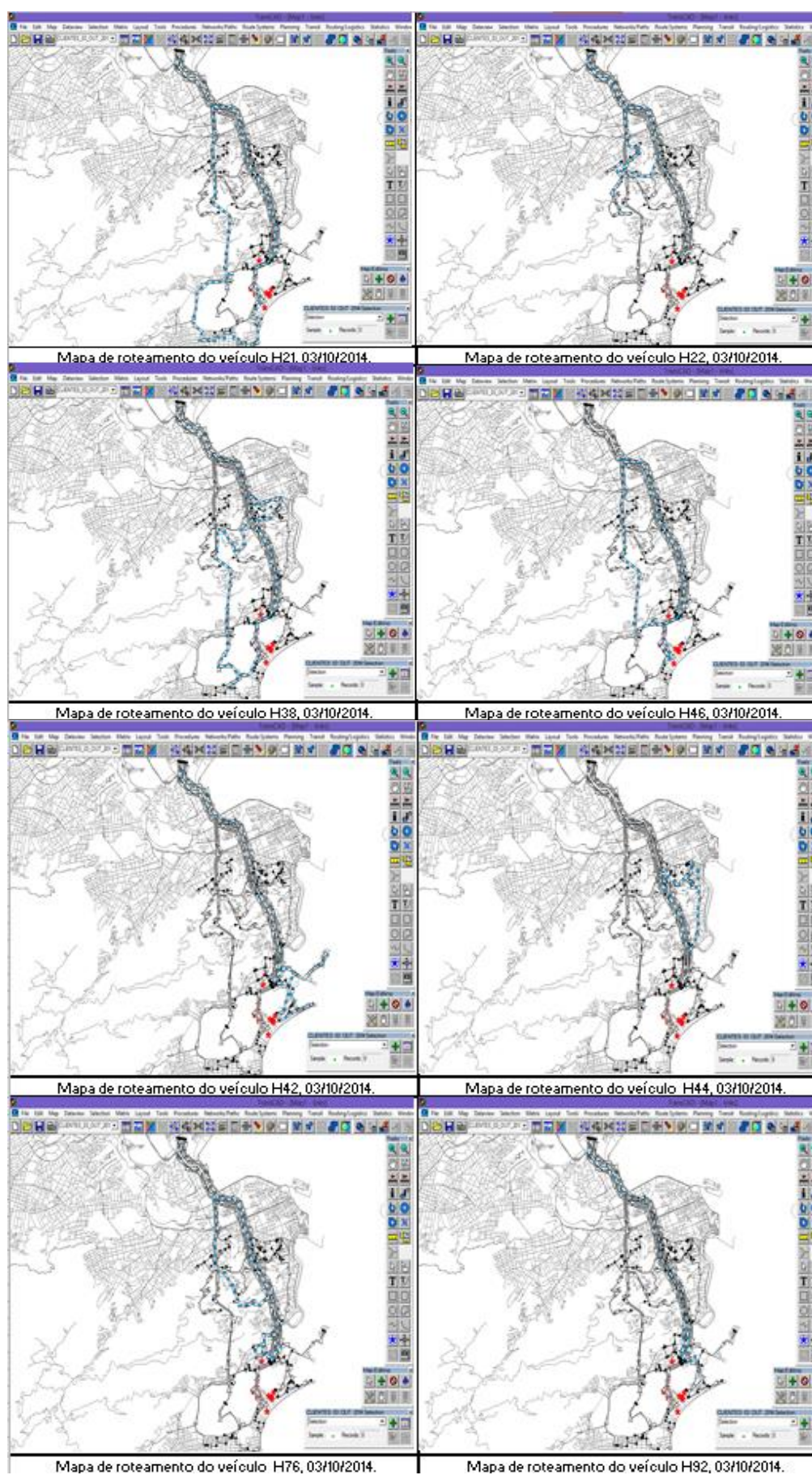


Figura A.8-Mapa de Roteamento por veículo, 03/10/2014.

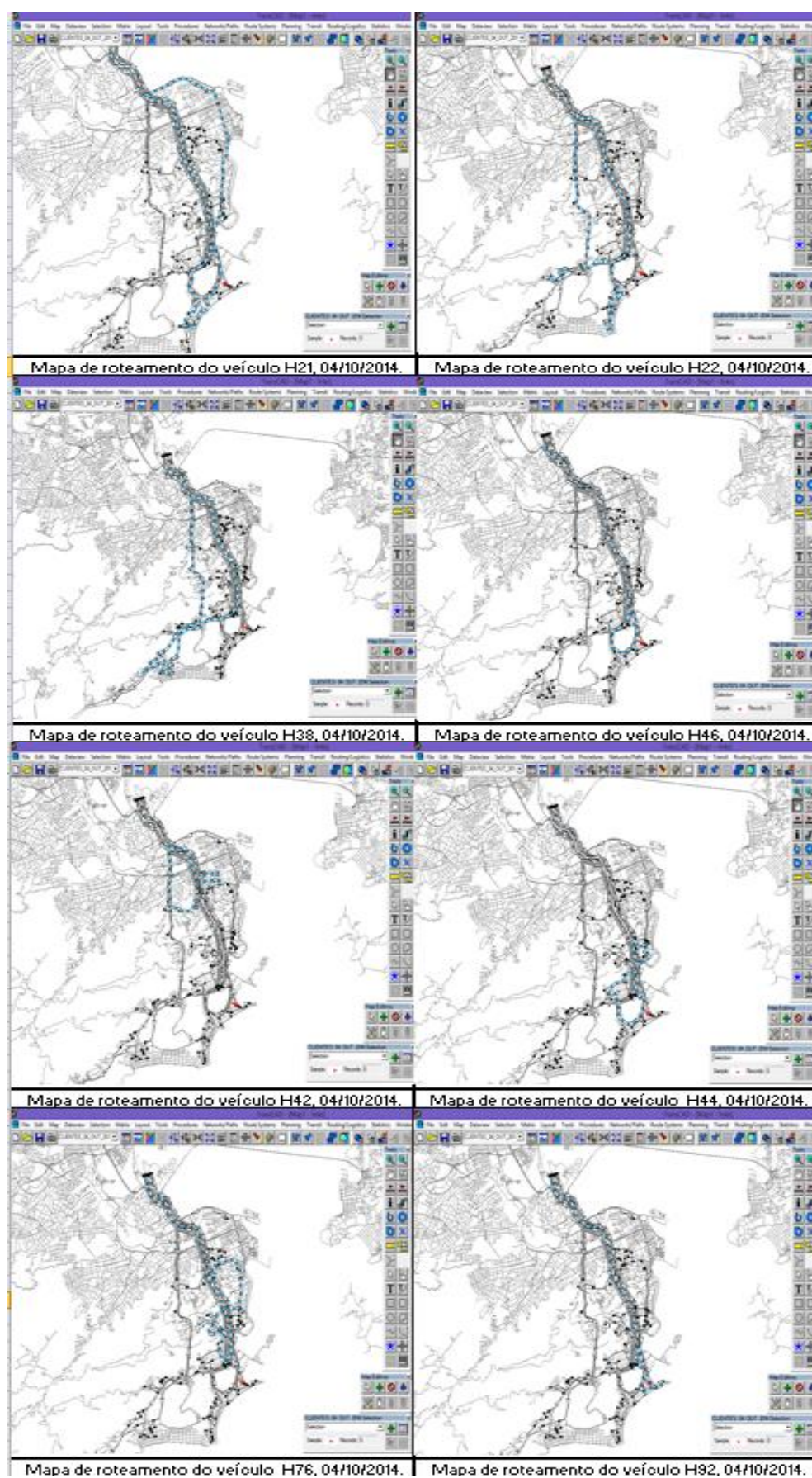


Figura A.9-Mapa de Roteamento por veículo, 04/10/2014.

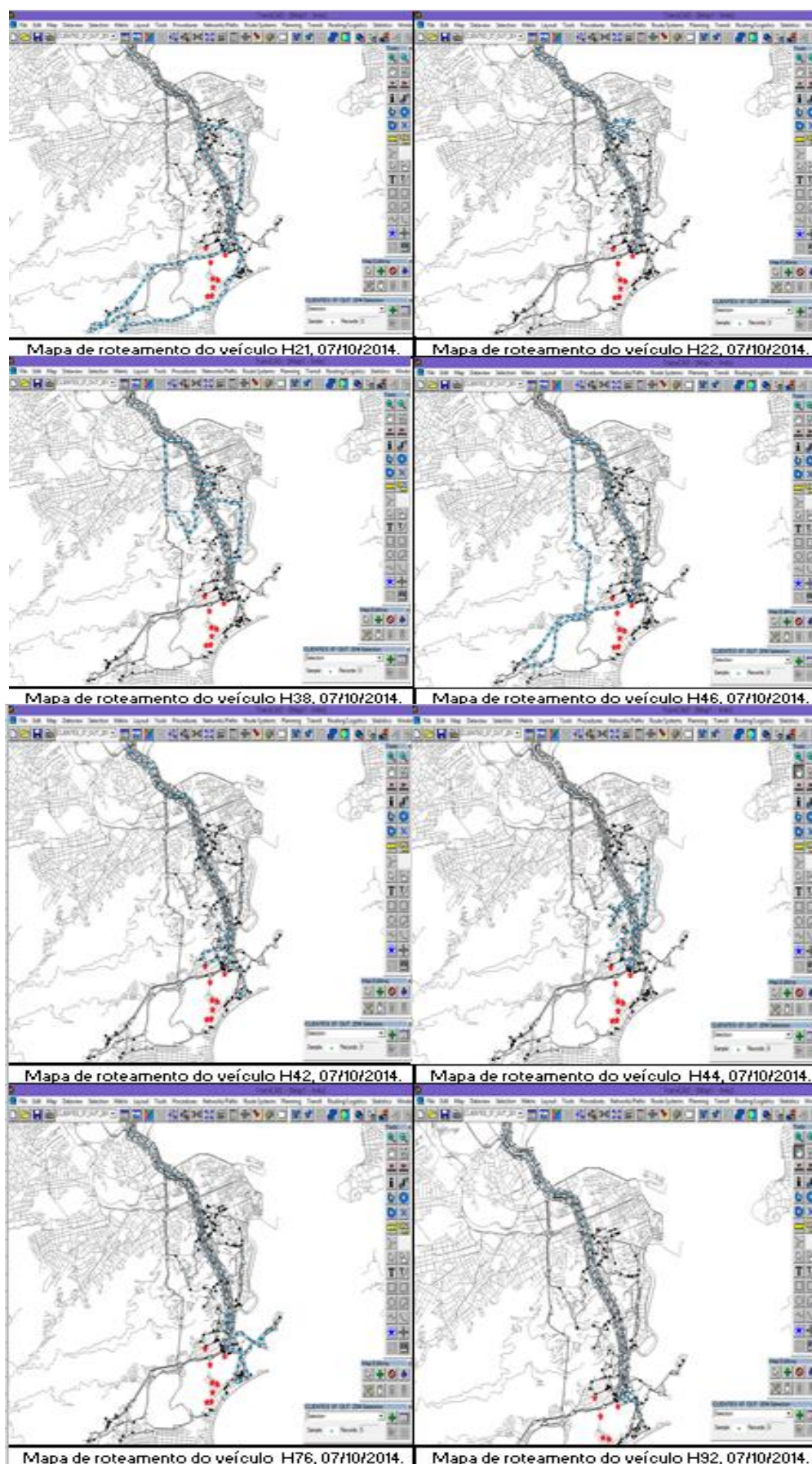


Figura A.10-Mapa de Roteamento por veículo, 07/10/2014.

Anexo A.1-Procedimento de planejamento das rotas do PRG utilizando o SIG-T TransCAD versão 5.0

- *File- Open- Geographic File - Linkscidade.dbd*
- *Opção: Layer (Links).*
- *New Dataview*
- Converter as distâncias de milhas para quilômetros assim:
 - Ressaltar o atributo *LENGTH:1*
 - Click direito + *Fill + Fórmula*
 - $LENGHT1 = Lenght * 1.609344$
 - Click OK (1 milha = 1.609344 km)
- Converter o tempo de horas para minutos assim:
 - *Dataview + Modify table*
 - *Add Field + Ok* (colocar como nome: *Tempo*)
 - Ressaltar o atributo *Tempo*
 - Click direito + *Fill + Fórmula*
 - $Tempo = LENGHT:1 / (0,58333)$
 - Click OK. (O anterior valor de 0,58333 é a velocidade/min)
- Criar a Rede
 - *Opção Layer -Links*
 - *Network/Paths – Create*
 - *Opção Read length from: LENGHT1: - Add -OK*
 - *File Name: Network_links + Save*
 - *Network/Paths –Settings*
 - *Update*
 - *Add/ Delete*
 - *Add Link Fields- Tempo - OK*

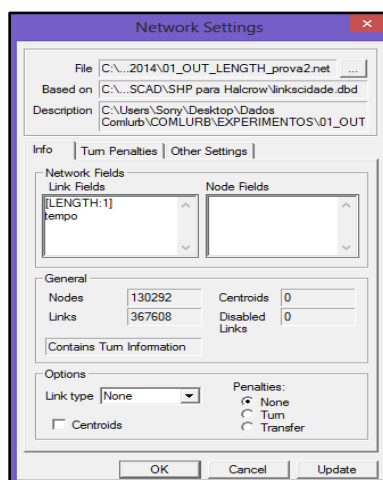


Figura A.11-Telha de Opções para criar a rede-TransCAD

- Criar o Layer Depósitos
 - *File-New- Excel Worksheet (.xls)*

Tabela A.47- Exemplo de formato Excel para Depósitos.

ID	Longitude	Latitude	Node ID	Name	Open Time	Close Time
1	-43.184.979	-22.955.802	26143	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68 BOTAFOGO	700	1455
2	-43.183.543	-22.953.111	26058	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68 BOTAFOGO	1520	2315

- Salvar como : Arquivo Excel (*DEPOT_GT_1_OUT*)-OK
- Abrir TransCAD versão 5.0
- *File-Open*
- *Files of type- Excel Worksheet (.xls)*-Selecionar – *DEPOT_GT_1_OUT*
- *File Name- DEPOT_GT_1_OUT (.bin)* – *Save*
- *Do you want to create a new Geographic File ?* – opção : *Yes*
- *Create Layer- DEPOT_GT_1_OUT -OK*
- *File Name- DEPOT_GT_1_OUT (.dbd)* – *Save*

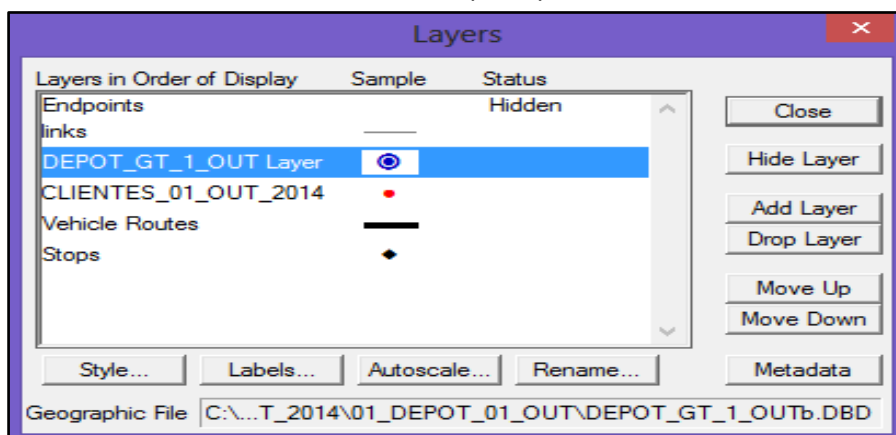


Figura A.12-Exemplo do Conjunto de Layer(s) no TransCAD.

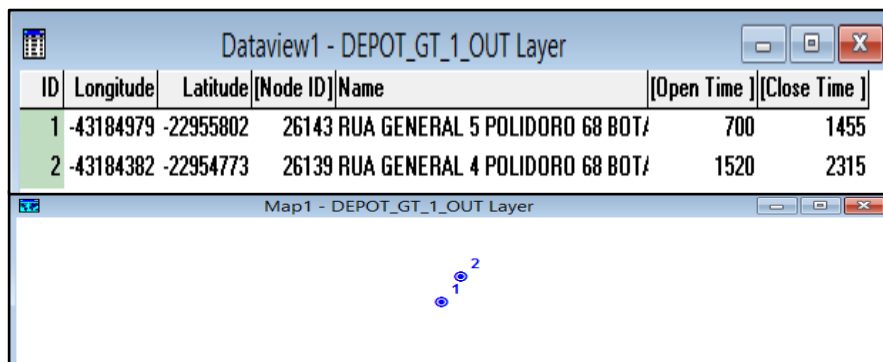


Figura A.13-Exemplo do atributo (.bin) e Layer (.dbd) do TransCAD

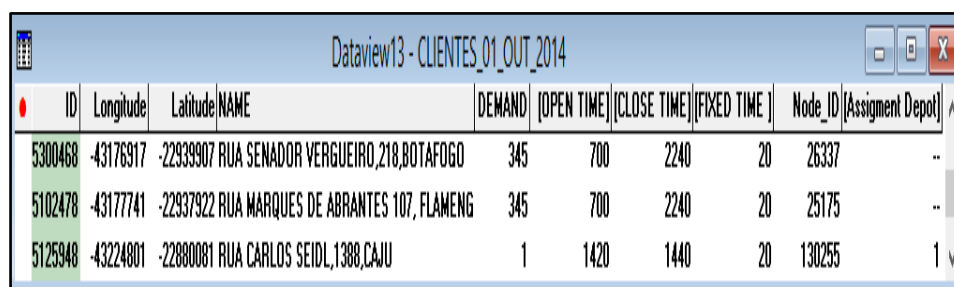
- Criar o *Layer Clientes*.

- *File-New- Excel Worksheet (.xls)*

Tabela A.48- Exemplo de formato de Excel para Clientes.

Longitude	Latitude	ID	NAME	DEMAND	OPEN TIME	CLOSE TIME	FIXED TIME	Node ID	Assigned Depot
-43176917	-22939907	5300468	RUA SENADOR VERGUEIRO,218,BOTAFOGO	345	700	2240	20	26337	
-43177741	-22937922	5102478	RUA MARQUES DE ABRANTES 107, FLAMENGO	345	700	2240	20	25175	
-43224801	-22880081	5125948	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	1	1420	1440	20	130255	1

- Salvar como : Arquivo Excel (*CLIENTES_01_OUT_2014*)
- Salvar
- Abrir TransCAD versão 5.0
- *File-Open*
- *Files of type- Excel Worksheet (.xls)-Selecionar – CLIENTES_01_OUT_2014*
- *File Name- CLIENTES_01_OUT_2014 (.bin) – Save*
- *Do you want to create a new Geographic File ? – opção : Yes*
- *Create Layer- CLIENTES_01_OUT_2014T -OK*
- *File Name- CLIENTES_01_OUT_2014 (.dbd) – Save*



ID	Longitude	Latitude	NAME	DEMAND	OPEN TIME	CLOSE TIME	FIXED TIME	Node ID	Assignment Depot
5300468	-43176917	-22939907	RUA SENADOR VERGUEIRO,218,BOTAFOGO	345	700	2240	20	26337	..
5102478	-43177741	-22937922	RUA MARQUES DE ABRANTES 107, FLAMENG	345	700	2240	20	25175	..
5125948	-43224801	-22880081	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	1	1420	1440	20	130255	1

Figura A.14- Exemplo do atributo (.bin) do Layer (*CLIENTES_01_OUT_2014*).

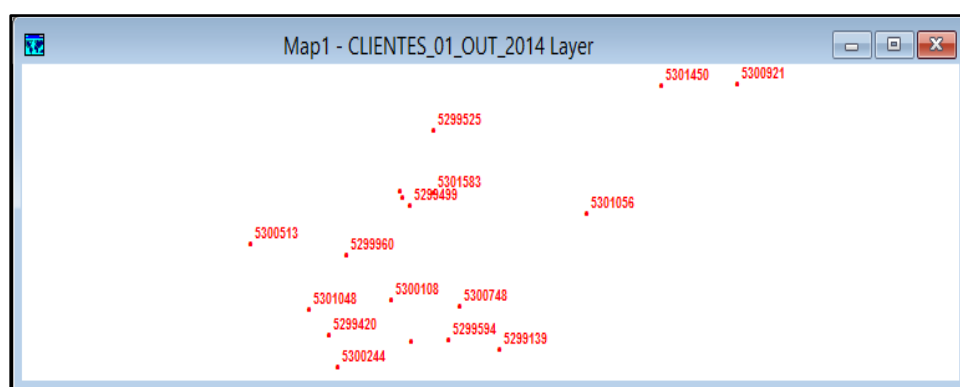


Figura A.15- Exemplo do Geographic File (.dbd) do Layer(*CLIENTES_01_OUT_2014*).

- Criar a Matriz de Distâncias e Tempos O-D

- Ativar a Network: *File-Open- Network_links*
- *Routing /Logistics-Vehicle Routing*
- *Matrix-Create Routing Matrix*
- *Method: Network based*
- *Minimize: Distance*
- *Distance: LENGTH1*
- *Time(min): Tempo –OK*
- *Save as: VRP Distance_matrix -OK*

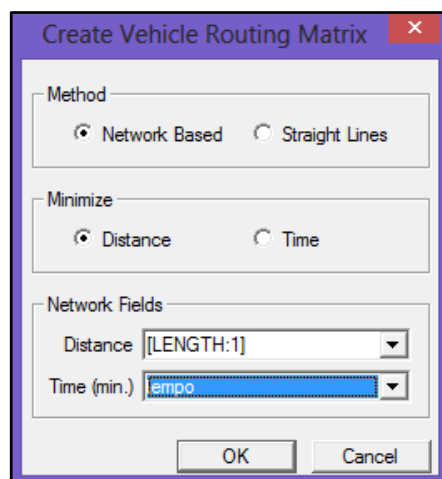


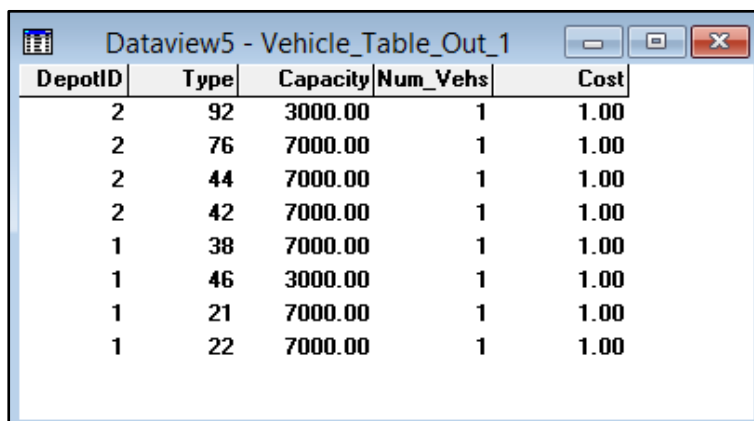
Figura A.16- Telha de Opções para criar a matriz no TransCAD.

	130207	130236	130237	130253	130255	130256	130262	130263	130264	130265	130270	130271	130273	130274	130275	130281
30070	7.29	4.34	4.23	7.31	12.37	8.37	6.54	6.33	6.09	5.88	4.00	4.54	8.29	8.38	8.24	3.10
30074	0.90	4.69	4.94	3.85	6.20	0.63	7.38	7.17	6.93	6.72	4.84	5.38	0.31	0.44	0.30	6.41
30077	1.03	4.10	4.34	4.05	7.19	1.85	8.32	8.11	7.86	7.65	5.77	6.32	1.70	1.80	1.66	5.63
30105	7.12	4.17	4.07	7.14	12.20	8.20	6.41	6.20	5.95	5.74	3.86	4.41	8.12	8.22	8.08	2.94
30114	3.25	3.09	3.07	0.18	6.82	3.66	10.54	10.34	10.09	9.88	8.00	8.54	4.18	3.88	3.83	5.66
30127	6.81	3.86	3.75	6.83	11.89	7.89	6.71	6.51	6.26	6.05	4.17	4.71	7.80	7.90	7.76	2.62
30134	6.06	3.16	3.10	6.18	11.10	6.66	4.49	4.28	4.04	3.83	1.95	2.49	6.51	6.60	6.46	0.46
30149	8.13	8.02	7.96	11.04	13.51	8.15	2.38	2.29	1.93	1.97	2.98	3.05	8.00	8.10	7.96	5.32
30161	9.03	6.32	6.21	9.29	14.35	9.05	5.78	5.69	5.33	5.37	4.45	4.76	8.90	9.00	8.86	4.22
30163	8.70	5.88	5.77	8.85	13.91	8.72	5.56	5.46	5.11	5.14	4.05	4.43	8.57	8.67	8.53	3.74
30165	8.28	5.57	5.46	8.54	13.54	8.25	5.73	5.64	5.28	5.32	3.52	4.07	8.10	8.20	8.06	3.22
30166	8.28	5.37	5.27	8.34	13.40	8.25	5.92	5.82	5.46	5.40	3.52	4.06	8.10	8.19	8.05	3.22
30167	8.09	5.35	5.24	8.32	13.35	8.06	5.87	5.67	5.42	5.21	3.33	3.87	7.91	8.01	7.87	3.03
30173	7.63	4.94	4.86	7.93	12.88	7.60	5.41	5.20	4.96	4.75	2.87	3.41	7.45	7.54	7.40	2.57
30184	6.92	3.98	3.87	6.94	12.00	8.00	6.92	6.72	6.47	6.26	4.38	4.92	7.92	8.02	7.88	2.74
30194	4.63	0.99	0.88	3.96	9.71	5.71	6.73	6.52	6.28	6.07	4.19	4.73	5.63	5.72	5.58	1.84
30207	0.00	3.91	4.16	3.14	6.54	1.20	7.73	7.53	7.28	7.07	5.19	5.73	1.12	1.22	1.07	5.63
30236	3.91	0.00	0.25	3.19	8.99	4.99	7.62	7.41	7.17	6.96	5.08	5.62	4.91	5.01	4.87	2.73
30237	4.16	0.25	0.00	3.17	9.24	5.24	7.56	7.36	7.11	6.90	5.02	5.56	5.16	5.26	5.12	2.68
30253	3.14	3.19	3.17	0.00	6.74	3.55	10.64	10.43	10.19	9.98	8.10	8.64	4.07	3.77	3.72	5.75
30255	6.54	8.99	9.24	6.74	0.00	5.90	13.11	12.90	12.66	12.45	10.57	11.11	6.42	6.07	6.07	10.67
30256	1.20	4.99	5.24	3.55	5.90	0.00	7.75	7.55	7.30	7.09	5.21	5.75	0.83	0.62	0.48	6.71

Figura A.17- Exemplo de Matriz no TransCAD.

- Criar a Tabela de Veículos
- Ativar a Network: *File-Open- Network_links*

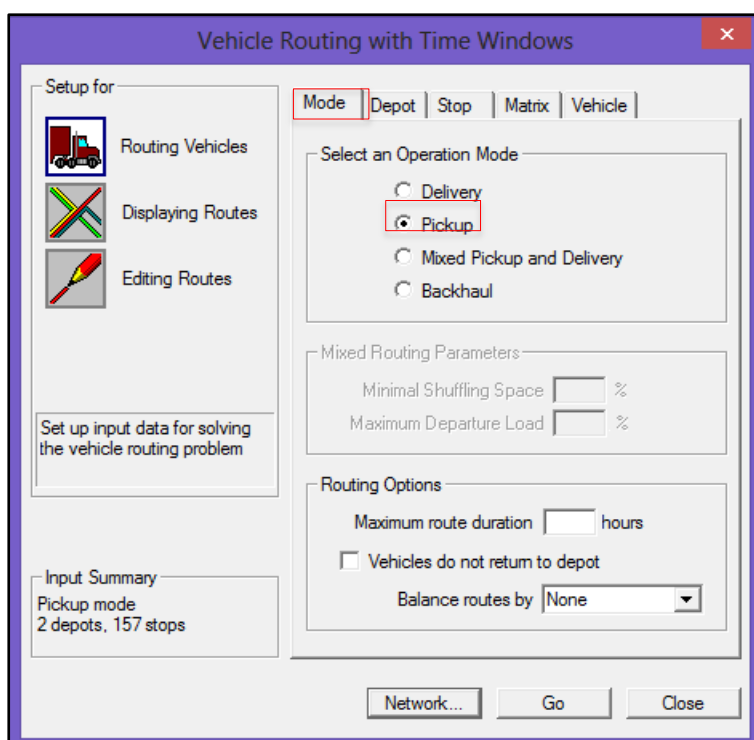
- *Routing /Logistics-Vehicle Routing*
- *Vehicle- Create Vehicle table*
- *Save as: Vehicle_Table_Out_1-OK*



DepotID	Type	Capacity	Num_Vehs	Cost
2	92	3000.00	1	1.00
2	76	7000.00	1	1.00
2	44	7000.00	1	1.00
2	42	7000.00	1	1.00
1	38	7000.00	1	1.00
1	46	3000.00	1	1.00
1	21	7000.00	1	1.00
1	22	7000.00	1	1.00

Figura A.18- Exemplo de tabela dos veículos no TransCAD.

- **Processamento de Dados: O problema de Roteirização dos Veículos (PRV)**
 - *Ativar a Network: File-Open- Network_links*
 - *Routing /Logistics-Vehicle Routing*
 - *Mode- Operation Mode –Pickup*



Vehicle Routing with Time Windows

Setup for:

- Routing Vehicles
- Displaying Routes
- Editing Routes

Set up input data for solving the vehicle routing problem

Input Summary
Pickup mode
2 depots, 157 stops

Mode | Depot | Stop | Matrix | Vehicle

Select an Operation Mode

- ☐ Delivery
- ☒ Pickup
- ☐ Mixed Pickup and Delivery
- ☐ Backhaul

Mixed Routing Parameters

Minimal Shuffling Space %

Maximum Departure Load %

Routing Options

Maximum route duration hours

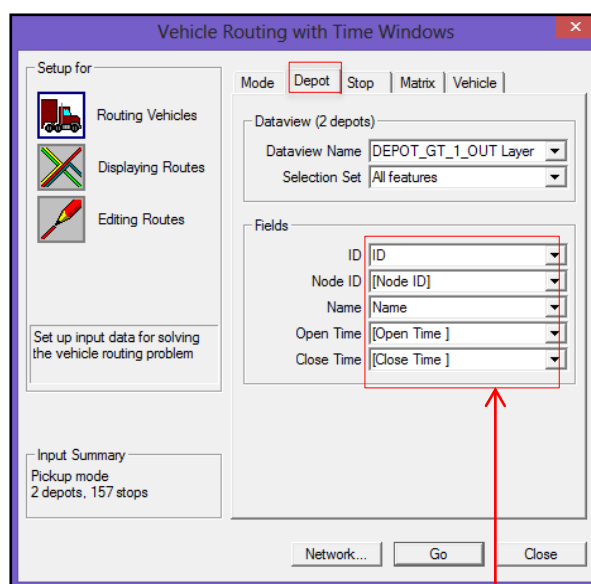
☐ Vehicles do not return to depot

Balance routes by

Network... Go Close

Figura A.19- Opção Mode do PRV do TransCAD.

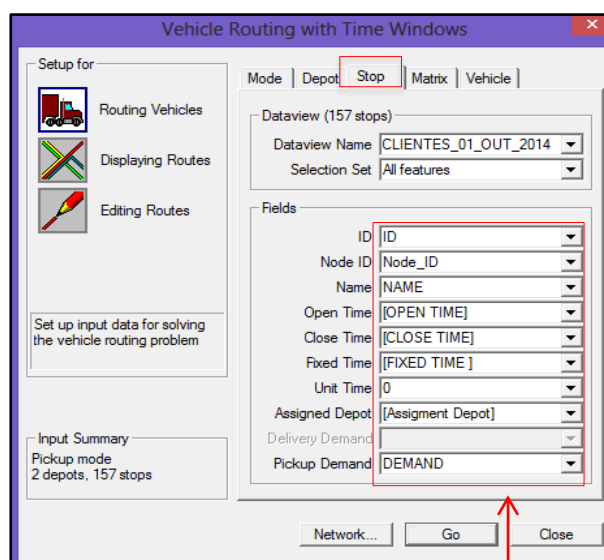
- *Depot- Dataview Name-- DEPOT_GT_1_OUT (.dbd)* (layer depósito)



ID	Longitude	Latitude	[Node ID]	Name	[Open Time]	[Close Time]
1	-43184979	-22955802	26143	RUA GENERAL 5 POLIDORO 68 BOT/	700	1455
2	-43184382	-22954773	26139	RUA GENERAL 4 POLIDORO 68 BOT/	1520	2315

Figura A.20- Opção Depot do PRV do TransCAD.

- *Stop- Dataview Name-- CLIENTES_01_OUT_2014 (.dbd)(layer Clientes)*



ID	Longitude	Latitude	NAME	DEMAND	[OPEN TIME]	[CLOSE TIME]	[FIXED TIME]	Node_ID	[Assignment Depot]
5300468	-43176917	-22939907	RUA SENADOR VERGUEIRO,218,BOTAFOGO	345	700	2240	20	26337	--
5102478	-43177741	-22937922	RUA MARQUES DE ABRANTES 107, FLAMENG	345	700	2240	20	25175	--
5125948	-43224801	-22880081	RUA CARLOS SEIDL,1388,CAJU	1	1420	1440	20	130255	1

Figura A.21- Opção Stop do PRV do TransCAD.

- *Matrix*- Carregar *VRP Distance_matrix*
- *Vehicle* – Carregar *Vehicle_Table_Out_1*
- Go

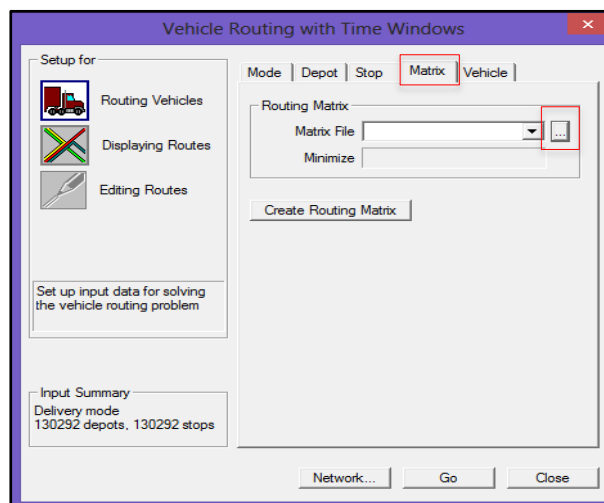


Figura A.22- Opção Matrix do PRV do TransCAD.

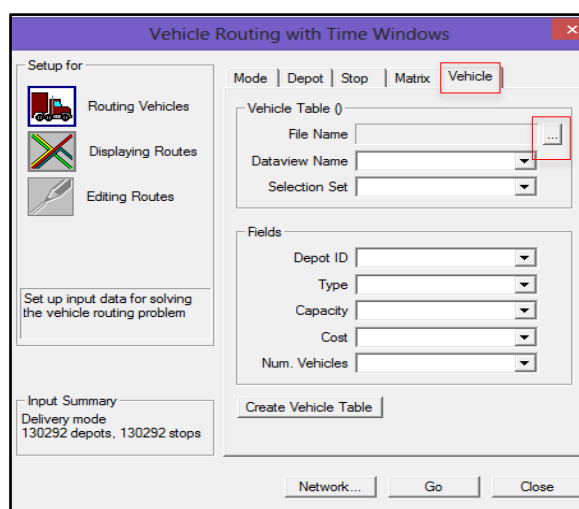


Figura A.23- Opção Vehicle do PRV do TransCAD.