

Eixo Temático ET-02-001 - Saneamento Ambiental

DEFINIÇÃO DE ROTAS DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COM O *OPTIMOROUTE*

Ana Carolina de Moraes Luccarelli; Paulo Afonso Lopes; Marcelo de Miranda Reis

Instituto Militar de Engenharia / Pós-Graduação em Engenharia de Transportes - Rio de Janeiro - CAPES

RESUMO

Este artigo analisa o uso do software de SIG *Optimoroute* como ferramenta auxiliar na definição das melhores rotas de transporte de resíduos sólidos urbanos, avaliando a qualidade do resultado dos métodos empíricos atuais e resolvendo alguns conflitos. Os dados obtidos após a simulação no bairro da Barra da Tijuca no Rio de Janeiro mostraram que o software é capaz de determinar o melhor caminho cruzando os dados de entrada com o Google Maps e auxilia na tomada de decisões sobre qual o tipo de rota a ser deslocada.

ABSTRACT

This article analyzes the use of software GIS *Optimoroute* as a tool as help define the best municipal solid waste transport routes, assessing the quality of the result of the current empirical methods and solving some conflicts. The data obtained after the simulation in the Barra da Tijuca neighborhood in Rio de Janeiro showed that the software is able to determine the best path across the input data with Google Maps and assists in making decisions on which type of route to be displaced.

Palavras-chaves: Resíduos sólidos urbanos; Roteirização; SIG; Otimização.

INTRODUÇÃO

O Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (1997) divulgou que, no mundo, o setor de resíduos sólidos é responsável pela emissão de gás metano (CH₄), substância que apresenta potencial de aquecimento global 21 vezes maior que o gás dióxido de carbono (CO₂). Devido a essa importância, o Plano Municipal de Gestão Integrado de Resíduos Sólidos (PMGIRS) dos municípios brasileiros deve considerar a redução desses gases com o tratamento dos resíduos sólidos produzidos pela população.

A quantidade total de resíduos sólidos urbanos (RSU) produzidos no Brasil, em 2014, foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, um aumento de 2,9% em relação ao ano de 2013, porcentagem superior à taxa de crescimento populacional no país no período, que foi de 0,9% (ABRELPE, 2014).

Somente na cidade do Rio de Janeiro, são encaminhados às unidades de recebimento de resíduos do sistema público municipal em torno de 10.815 toneladas por dia de resíduos sólidos, dados do mês de dezembro de 2011 (COMLURB, 2011).

A criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) pela Lei Federal nº 12.305/2010, para implementar a destinação adequada dos resíduos sólidos e rejeitos em todo o país, **discriminou** que o final correto são os aterros sanitários.

De acordo com o **Compromisso Empresarial para Reciclagem - CEMPRE** (2014), o serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos tem como serventias as seguintes atividades:

- Acondicionamento dos resíduos sólidos;
- Coleta e transporte dos resíduos sólidos;
- Transferência dos resíduos sólidos;
- Limpeza de logradouros públicos (varrição, capina e serviços diversos);
- Tratamento e disposição dos resíduos sólidos (por exemplo, aterro sanitário, compostagem e incineração);
- Gestão dos resíduos sólidos (reuso, reutilização, reciclagem e redução), incluindo a transferência dos rejeitos gerados nessas unidades para destino final disposto de modo correto, utilizando aterros sanitários em conformidade com a legislação ambiental.

Em termos gerais, na maior parte dos municípios, os caminhões compactadores percorrem subáreas delimitadas de acordo com a quantidade de resíduos que produzem, usando como base o histórico das coletas. Assim, estima-se a quantidade de caminhões compactadores a fim de respeitar a orientação do Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM) informando que os resíduos sólidos urbanos devem ser enterrados nos aterros sanitários após o descarte feito pelo consumidor no prazo máximo de sete dias corridos (MONTEIRO, 2001).

Por isso, deve-se estimar a quantidade de resíduos a ser coletada nas vias. O peso exato da produção a ser coletada só pode ser mensurado caso haja a instalação de balanças nos caminhões compactadores; por outro lado, a maneira para determinar a quantidade produzida em cada via é por cálculo fornecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pelo CEMPRE ou, muitas vezes, só pode ser determinada pela quantidade de espaço disponível no compactador após a coleta, porque a experiência dos motoristas e dos gestores é determinante para o dimensionamento da frota disponível.

Segundo o IBGE (2000), determina-se a produção de resíduos de uma cidade de acordo com a quantidade de moradores, por estimativa, visto que apenas 8,4% dos municípios pesam seus resíduos efetivamente em balanças, valor que representa 64,7% do peso de RSU gerado no Brasil. A quantidade restante (35,3%) é uma estimativa do IBGE, baseado no número de habitantes por município.

As equações empíricas utilizadas para calcular a geração de resíduos por setor urbano são as seguintes:

1) Geração atual:

$$Q_{atual} = A \cdot B \cdot C_0 \quad (kg / dia)$$

2) Geração Futura:

$$Q_{futura} = [A \cdot (1 + D)^N] \cdot [B \cdot (1 + E)^N] \cdot C_t \quad (kg / dia)$$

Onde:

A – população atual (habitantes);

B – geração *per capita* de resíduos obtida por amostragem em (kg/(hab.dia)),

C₀ – Nível de atendimento atual dos serviços de coleta de lixo (%);

D – Taxa de crescimento populacional (%);

E – Taxa de incremento da geração per capita de lixo (%);

C_t – Nível de atendimento dos serviços de coleta de lixo após n anos (%);

N – intervalo de tempo considerado (em anos) (CEMPRE, 2010).

A atividade de coleta e transporte pode ser interpretada como uma ação de logística. Segundo BALLOU (2010), logística é o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços desde o ponto de origem até o ponto de destino, com o propósito de atender às exigências dos clientes. Nesse caso, o ponto de origem são as residências, a mercadoria é o resíduo e o destino são as estações de transbordo ou aterros sanitários.

O transporte representa, em média, 64% dos custos logísticos, 4,3% do faturamento, e em alguns casos, mais que o dobro do lucro (FLEURY e WANKE, 2009). Nessa atividade de coleta e transporte, uma vez que a quantidade de resíduo gerada por residência é muito menor que a capacidade de transporte dos caminhões compactadores, a otimização logística resulta em um problema de roteirização.

Segundo BRASILEIRO (2014) define-se como roteirização de veículos uma ou mais rotas a serem percorridos por uma frota que deva passar por locais estipulados, os quais podem ser definidos como nós de uma rede ou como segmentos de vias.

Desse modo, classifica-se a roteirização de veículos de acordo com três tipos de problema:

- Cobertura de nós (quando a coleta é realizada em pontos específicos);
- Cobertura de arcos (quando a coleta é realizada em segmentos de vias);
- Geral de roteirização (quando a coleta é realizada em nós e arcos).

Quando todos os resíduos são retirados das vias pelos caminhões compactadores, observando seu deslocamento do ponto inicial para o ponto final, o problema é de roteirização em arcos (EISELT et al, 1995).

Atualmente, os serviços de coleta e transporte de resíduos são realizados de modo empírico, com base na experiência do motorista, o que leva a uma ineficiência logística com maiores custos de transporte, emissões veiculares e impactos ambientais.

Otimizar a roteirização dos veículos de coleta de resíduos sólidos poderá gerar, nos municípios que não fazem o pré-estudo da rota, a vantagem da análise do melhor caminho a ser percorrido nas regiões delimitadas com o estudo da geração de resíduos, considerando as restrições de cada lugar e principalmente, o setor do município que despense maiores gastos.

OBJETIVO

O objetivo principal deste artigo é determinar um novo procedimento de roteirização dos veículos de coleta de resíduos que possa ser usado como ferramenta para tomada de decisão visando obter reduções: do combustível utilizado; do gasto com pagamento de hora extra aos motoristas e garis; dos gastos com manutenção dos veículos; e da quantidade de caminhões utilizados no percurso. Esse procedimento, com o uso de softwares comerciais e baseando-se em algoritmos de roteirização, mostrou-se capaz de indicar o percurso com maior economia e de determinar os melhores locais e caminhos a serem percorridos para conduzir a carga até o centro de transbordo.

As restrições que os algoritmos e softwares de sistema de informações geográficas (SIG) utilizados conseguiram superar foram: consumo de combustível, sentido da via, quantidade de resíduo produzido, capacidade de transporte dos caminhões, tamanho da frota, horário do expediente e hora determinada para coleta.

Este estudo limita-se ao transporte da coleta realizada porta a porta até a estação de transbordo, porque a partir dessa etapa, o transporte é feito via carretas o que permite o carregamento de uma quantidade maior de resíduo, não sendo caracterizado como roteirização por não utilizar uma frota.

METODOLOGIA

Para a realização desse estudo de rotas, utilizou-se o software comercial *Optimoroute*, produto de uma startup com sede nos EUA que oferece tem como diferencial a grande *interface* com o principal sistema de georreferenciamento utilizado atualmente, o Google Maps. A utilização dessa ferramenta se mostra eficaz e de simples manipulação, sendo muitas vezes intuitiva, possibilita uma base de dados sempre atualizada, capaz de mensurar as principais distâncias em uma rota, além de considerar a mão do trânsito e tempo estimado de percurso, muito fiel ao tempo realmente gasto. Pode-se exportar os resultados tanto em aparelhos de GPS comerciais como nos principais aplicativos para celulares com sistema operacional iOS ou Android, sendo esses, os principais diferenciais em comparação com softwares amplamente utilizados para a definição de rotas como o *TransCad* e o *Mapitude*.

O programa é hospedado em um site, não sendo necessário transferi-lo para um computador, o que o torna acessível para qualquer usuário em qualquer parte do mundo. Segundo o Optimoroute (2016) “Optimo Route é um Route Planner on-line para entrega e serviço de campo. Com Optimo Route você pode planejar as rotas mais eficientes e horários com várias paradas por rota .” Além disso, o grande atrativo é o baixo custo, girando em torno de U\$ 39,00 por motorista/ por mês no plano mais completo, sendo o TransCad disponibilizado por aproximadamente U\$ 12 000,00 no plano mais completo válido por 1 ano.

OptimoRoute Software	Preço	Comentários
Iniciante	\$ 19,00/ motorista/ mês	Número ilimitado de planos de rota; histórico de rota; rotas de exportação; upgrades gratuitos; número de drivers ilimitado; número máximo de pedidos por Plano de Rota: 250. 1 mês de teste gratuito.
O negócio	\$ 29,00/ motorista/ mês	Número ilimitado de planos de rota; histórico de rota; rotas de exportação; upgrades gratuitos; número de drivers ilimitado; API de serviço Web; número máximo de pedidos por Plano de Rota: 500. 1 mês de teste gratuito.
Empreendimento	\$ 39,00/ motorista/ mês	Número ilimitado de planos de rota; histórico de rota; rotas de exportação; upgrades gratuitos; número de drivers ilimitado; API de serviço Web; número máximo de pedidos por Plano de Rota: 750. 1 mês de teste gratuito.

Tabela 1 – Planos de contratação do Optimoroute.

Fonte: Site Optimoroute.

TransCAD Software	Preço	Comentários
Padrão TransCAD única licença de usuário	\$ 12.000	A licença padrão é uma única licença de estação de trabalho que inclui telefone e suporte técnico e-mail e upgrades gratuitos por um período de um ano a partir da data de entrega.
Base de TransCAD única licença de	\$ 4000	A Licença Básica é uma licença única estação de trabalho que inclui suporte técnico por telefone e upgrades gratuitos por um período de um ano a partir da data de

usuário		entrega, mas não inclui os modelos de demanda de viagens ou os procedimentos de logística.
Service Pack Personalizado		
10-Hour Service Pack	\$ 2.500	10 horas pré-pago consulta por telefone, e-mail ou GoToMeeting
Suporte TransCAD	Preço	Comentário
TransCAD Suporte Padrão 1 ano Extensão	\$ 1200	Se o seu contrato de suporte atual expirou, uma sobretaxa será avaliado para cobrir o apoio de reintegração
Suporte TransCAD base de 1 ano de extensão	\$ 800	Se o seu contrato de suporte atual expirou, uma sobretaxa será avaliado para cobrir o apoio de reintegração.

Tabela 2 – Planos de contratação TransCad.

Fonte: Site Transcad.

O funcionamento é simples, conforme explicado por Optimoroute (2016), com o preenchimento de uma planilha Excel fornecida no site com as informações básicas da coleta e em seguida importadas para o site; além disso, oferece uma ferramenta que possui interface com outros programas de rota que possam estar instalados no computador, sendo possível mudar as rotas manualmente.

Como descrito no site do Optimoroute (2016) “As encomendas são introduzidas ou importadas para o OptimoRoute com base nas restrições que entraram como durações de viagem, tempos de trabalho dos condutores, entrega/janelas de tempo de serviço, capacidade de carga do veículo. As características do condutor e do veículo caracterizam o sistema e propõe rotas eficientes com sequências de parada. Se quiser, você pode alterar manualmente as rotas antes de exportá-las para MS Excel ou dispositivos GPS.“. O cálculo do tempo gasto no percurso é feito com base na velocidade média do veículo com relação aos dados dos mapas, variando de acordo com as características da via em questão.

Para comparar os dados obtidos com o auxílio do software, primeiro, fez-se contato com a empresa responsável pelo transporte de resíduos sólidos do Rio de Janeiro a fim de obter informações sobre como é feito o transporte de resíduos na cidade, suas rotas atuais e cálculos iniciais para comparação com os dados anteriores. Após isso, decidiu-se por uma área determinada por tamanho de quarteirões e facilidade de visualização do roteiro atual e fez-se a modelagem para o roteiro futuro, verificando se o software foi capaz de resolver o problema com mais rapidez e facilidade.

Em seguida, um novo trajeto já conhecido foi inserido no software e o resultado apontado foi analisado a fim de determinar se a rota utilizada já está sendo operada com o máximo de otimização ou se é possível ajustá-la ainda mais. Nesse momento, também foram levantadas hipóteses para justificar a escolha do caminho atual, como: produção de resíduos na via e capacidade do veículo.

1.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende uma região na zona oeste do Rio de Janeiro, no Bairro Barra da Tijuca, com o ponto inicial localizado na Estação de Transbordo de Resíduos (ETR) Jacarepaguá – garagem e no mesmo ponto para transbordo do resíduo coletado no trajeto.

A região Oeste do Rio de Janeiro teve um aumento da população, com a construção de condomínios domiciliares e prédios comerciais, sendo caracterizado principalmente pelos quarteirões amplos e com prédios distantes entre si.

Pode-se observar também, a construção planejada das vias de acesso aos bairros da região diferenciando-se principalmente das outras zonas regionais, onde o aumento do tráfego não

foi considerado no planejamento inicial do projeto da maior parte das ruas.

Desse modo, a coleta de resíduos tem menos interferência do trânsito na região no que se diz respeito a paradas para coleta, velocidade do caminhão coletor e movimentação dos trabalhadores pela via.

1.2 Formulação do problema

Para verificar a lógica do software e analisar a eficiência da programação, avaliou-se primeiramente um trajeto com sete pontos, sendo iguais o inicial e o final, cujas ruas e suas coordenadas são:

Rua	Latitude	Longitude
Rua Américo de Souza Braga, nº 647 – Vargem Pequena	-22,9861094	-43,4528231
Pedro Lago	-23,0082710	-43,3094903
Georgina de Albuquerque	-23,0077344	-43,3101727
Manuel Brasiliense	-23,0086496	-43,3087309
Aldo Bonadei	-23,0088471	-43,3079405
Armando Lombardi	-23,0065489	-43,3105835
Pedro Bolato	-23,0084909	-43,3069700
Rua Américo de Souza Braga, nº 647 – Vargem Pequena	-22,9861094	-43,4528231

Tabela 3 – Ruas utilizadas para estudo.

Fonte: Optimoroute.

Em seguida iniciou-se o preenchimento da planilha fornecida no site do software, completando primeiramente a coluna “*Order No*” que garante que os pontos inseridos estão na mesma ordem de pedido para transporte, inseriu-se o valor “ORD001” em todas as linhas, para que fosse criada apenas uma rota que atendesse todos os pontos, caso seja necessário criar mais de uma rota, coloca-se o próximo dado como “ORD002”. Na coluna “*Date*” inseriu-se a data fictícia de 20/07/2017, visto que, ao atingir a data prevista, o programa solicita escolher entre excluir ou atualizar para uma data futura a rota programada. Em seguida inseriu-se na coluna “*Duration*” o tempo estimado em minutos para parada no ponto e em “*Weight*”, preencheu-se o valor fictício de 1 Tonelada (figura 2). Os dados de duração de percurso e de peso não foram calculados, pois, o que se quis analisar em um primeiro momento é a capacidade do software de criar uma rota coerente com a praticada na realidade.

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Address	Location No	Location Name	Latitude	Longitude	Duration	TW from	TW to	Weight	Volume
1	Rua Américo de Souza Braga			-22,9861094	-43,4528231	1			1	
2	PEDRO LAGO			-23,0082710	-43,3094903	1			1	0
3	GEORGINA DE ALBUQUERQUE			-23,0077344	-43,3101727	1			1	0
4	MANUEL BRASILIENSE			-23,0086496	-43,3087309	1			1	0
5	ALDO BONADEI			-23,0088471	-43,3079405	1			1	
6	ARMANDO LOMBARDI			-23,0065489	-43,3105835	1			1	
7	PEDRO BOLATO			-23,0084909	-43,3069700	1			1	
8	Rua Américo de Souza Braga			-22,9861094	-43,4528231	1			1	

Figura 1 – Tabela para preenchimento dos dados.

Fonte: Optimoroute.

3.2.1. Restrições

A coleta de resíduos tem restrições limitantes de sua operação. As principais utilizadas nesse trabalho são:

- 1- Capacidade do veículo compactador:

Os veículos utilizados são caminhão e compactadores do tipo “truck” com quatro eixos e capacidade máxima de 10 toneladas. Para poupar os veículos e assegurar a melhor condição de traslado, o máximo de carga transportada nesses veículos é de seis toneladas. A partir desse peso, já se considera como sobrecarga.

2- Horas de trabalho:

Em obediência a legislação brasileira, os funcionários trabalham em turnos de 8 horas diárias, com 1 hora de descanso e folgas aos fins de semana.

Visou-se evitar a necessidade de horas extras, com o dia de trabalho sendo dividido em dois turnos (manhã e tarde).

3- Dias de trabalho:

Assim como o horário de trabalho, a coleta é feita de segunda a sábado, em dias alternados sendo: segunda, quarta e sexta-feira; terça, quinta-feira e sábado.

4- Tamanho da frota disponível: neste artigo, pelo tamanho reduzido da área, foi utilizado apenas um caminhão compactador modelo “truck”.

3.3 Caminhões utilizados

A demanda de consumo de combustível para o transporte de carga está relacionada a capacidade de armazenamento, à quantidade de carga e à distância a ser percorrida. Essa relação irá indicar maior ou menor gasto de combustível na realização do transporte da carga, resultando também, na maior ou menor emissão de poluentes.

Para analisar o serviço de transporte utilizaram-se os modelos da cidade do Rio de Janeiro cuja frota é composta por caminhões compactadores e caminhões basculantes trucados, conforme definição abaixo:

- Caminhão compactador de lixo: Carregamento pela traseira, em aço, com capacidade volumétrica útil de 6, 10, 12, 15 e 19m³ e de peso de 9, 12, 14, 16 e 23 t, com basculamento automático, para coleta de resíduos sólidos urbanos, com transbordo em estações de transferência, usinas de reciclagem ou aterros sanitários, podem transitar em via urbana.
- Caminhões basculantes trucados: Veículo longo, com três eixos, com capacidade volumétrica de 12m³ e 23 toneladas de peso. Usado para transporte de resíduo sólido urbano para o aterro sanitário devido a grande capacidade de transporte, em geral é carregado com pá carregadeira.

RESULTADOS

Ao colocar os dados na planilha de trabalho e solicitar a marcação de pontos, foi estabelecido o mapa da Figura 2 com os pontos para coleta de resíduos e a estação de transferência de resíduos em Jacarepaguá.

Em seguida, pediu-se para criar as rotas ligando o ponto inicial, os pontos de coleta e voltando ao ponto inicial. O software identifica sempre a primeira rota em azul, o que pode dificultar a visualização do usuário em um primeiro momento, que pode confundi-la com corpos d'água.

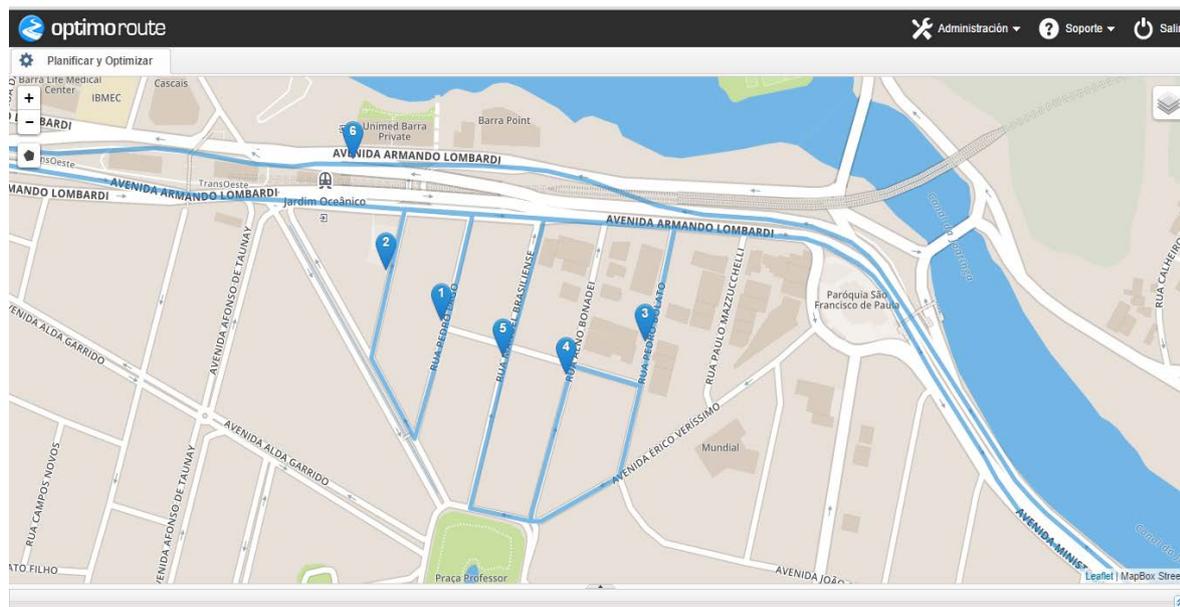


Figura 2: Mapa com o trajeto sugerido.

Fonte: Optimoroute.

Após a análise preliminar desses dados, percebeu-se coerência no resultado informado, mostrando que a rota gerada possui capacidade de percorrer as principais vias de acesso, respeitando a mão do tráfego e buscando sempre o menor caminho. Outro detalhe observado foi que muitas regiões não foram marcadas para serem percorridas, porém, o desenho da rota possibilita que o gari seja capaz de percorrer esses trechos a pé, reunindo os resíduos nos cruzamentos e outros pontos de vias que fazem contato com a rota. O que otimiza o tempo de coleta, pré-determina os pontos que serão percorridos a pé e evita repetição de trechos, o que aumenta todos os gastos.

Com isso, passou-se para a segunda fase de análise com a inserção de mais pontos, verificando a otimização da segunda rota que é percorrida na mesma região. Foram inseridos mais 24 pontos, além dos 7 pontos da primeira rota, conforme tabela.

Order No	Date	Address	Latitude	Longitude	Duration	Weight	Vol
ORD002	20/08/2017	Praça Jornalista Mario Filho - Barra da Tijuca, Rio de Janeiro	-23,0148415	-43,306059	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Avenida Comandante Júlio de Moura	-23,0132137	-43,30687	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Rua Tenente Airton Pereira	-23,0140091	-43,301711	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Avenida General Guedes da Fontoura	-23,0127387	-43,305251	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Avenida Olegário Maciel	-23,0118059	-43,305049	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Avenida Gilberto Amado	-23,0123558	-43,302791	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Avenida Érico Veríssimo	-23,0113172	-43,309726	1	1	1

ORD002	20/08/2017	Rua Paulo Mazzucchelli	-23,0083589	-43,306108	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Rua Paulo Assis Ribeiro	-23,0095999	-43,305438	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Avenida Ministro Ivan Lins	-23,0128712	-43,29771	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Avenida das Américas	-23,0004939	-43,398427	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Túnel do Joá	-23,0090000	-43,29437	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Estrada da Barra da Tijuca	-23,0068654	-43,305119	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Rua Maria Luísa Pitanga	-23,0113576	-43,295008	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Rua SORIMA	-23,0073377	-43,293163	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Avenida Fleming	-23,0081141	-43,295667	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Rua Professor Milward	-23,0076949	-43,295465	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Avenida Vítor Konder	-23,0081981	-43,297744	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Rua Corrêa de Araújo	-23,0081184	-43,294047	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Rua Calheiros Gomes	-23,0066099	-43,299054	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Rua Professor Ferreira da Rosa	-23,0082543	-43,297193	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Rua Einstein	-23,0085965	-43,298526	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Rua General Ramiro Noronha	-23,0068327	-43,298037	1	1	1
ORD002	20/08/2017	Rua Intendente Costa Pinto	-22,8299847	-43,368874	1	1	1

Tabela 4 – Pontos referentes à segunda rota.

Fonte: Optimoroute.

Após a inserção dos pontos adicionais, o software gerou mais uma rota, ilustrada com a cor laranja, integrando os pontos de forma a buscar o caminho mais curto e respeitando as restrições listadas, conforme a figura 3. Dessa forma, foi possível analisar as duas rotas que são operadas atualmente, perceber alguns problemas e criar algumas hipóteses.

Observando as duas rotas, nota-se que alguns pontos da rota dois são operados na área de atuação da rota um, além disso, a rota um é muito menor que a rota dois, o que permite criar algumas hipóteses para o ocorrido:

- a rota um é menor, pois a produção de resíduos na região é maior, por isso o caminhão não consegue percorrer mais ruas até alcançar a sua capacidade máxima;
- a rota um está mal dimensionada e, caso a produção de resíduos na região seja grande, pode-se estudar o envio de um caminhão maior para percorrer os pontos que pertencem atualmente a rota dois;
- a rota dois está superdimensionada, o que pode afetar a capacidade do veículo, aumentar as manutenções ou as horas trabalhadas pelos garis;

- As rotas sofreram alterações de percurso a fim de sanar algum problema e não foi feito estudo de tráfego, onde as rotas seriam colocadas em um mesmo mapa e confrontadas, sendo possível analisar os pontos percorridos e remanejar os caminhões.



Figura 3 – Mapa gerado pelo software.

Fonte: Optimoroute.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que o software Optimoroute foi capaz de solucionar o problema apresentado, oferecendo um trajeto ótimo, diminuindo não somente o tempo de percurso, mas também a quantidade de vezes em que o caminhão precisou passar pela mesma via mais do que uma vez, para obedecer ao sentido da rua.

O principal benefício deste estudo foi de permitir ao gestor mudar o trajeto de acordo com a sua experiência no trecho, fazendo com que o caminhão percorra apenas as ruas que possuem resíduos acumulados. Além de confrontar todas as rotas operadas atualmente, buscando por percursos mal utilizados ou repetidos, de forma a possibilitar uma análise macro da operação e redistribuir a frota de acordo com a necessidade enfrentada.

Mais um benefício foi a possibilidade de transmitir as rotas para os motoristas por meio de *smartphones* com o percurso atualizado, além de ser possível imprimir o planejamento para posterior análise e geração de relatórios.

Devido aos resultados obtidos, o custo benefício do software e a facilidade de operação, pode-se afirmar que o OptmoRoute é uma excelente opção para complemento ou substituição dos programas comumente utilizados para dimensionamento de rotas, envio e coleta de carga. Apesar de ainda ser uma empresa pequena, se mostrou muito aberta ao diálogo com seus usuários e atenta ao feedback retornado por eles, com a construção de fóruns de debate e um setor de atendimento e suporte gratuito e online, o que indica que as atualizações serão feitas de forma condizente com a necessidade real dos usuários.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014**. 2014. Disponível em <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>.

ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energias e Saneamento Básico do Distrito Federal. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=841%3Alimp-e-urbana-e-manejo-de-residuos-solidos&catid=74&Itemid=316>.

BALLOU, R. H. *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos*. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

BRASILEIRO, L e LACERDA, M. Análise do uso de SIG no roteamento dos veículos de coleta de resíduos sólidos domiciliares. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 356-360, 2008.

CICLUS - Central de tratamento de resíduos CTR. Disponível em <http://www.ciclusambiental.com.br/ciclus_ctr.php>.

EISELT, H.A.; GENDREAU, M.; LAPORTE, G. Arc routing problems, part I: the Chinese postman problem. **Operation Research**, v. 43, n. 2, p. 231-242, 1995.

FLEURY, P. F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K. F. **Logística empresarial: a perspectiva brasileira**. São Paulo: Atlas, 2009.

IBGE. Infográficos: dados gerais do município. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=330455>>.

INSTITUTO ESTRE. Caderno Conceitual – Cadê o lixo que estava aqui? 2014. Disponível em: <<http://www.institutoestre.com.br/wp-content/uploads/2010/11/caderno-conceitual-final-v2014.pdf>>.

IPCC - Intergovernmental Panel On Climate Change. 1997. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>.

MAP COORDINATE. 2016. Disponível em: <<http://www.mapcoordinates.net/pt>>.

OptimoRoute. 2016. Disponível em: <<https://optimoroute.com/>>.

MONTEIRO, J. H. P. et al. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro. IBAM, 2001.

PIMENTEIRA, C.; PRUDÊNCIO, A. **Gestão Integrada de Resíduos Sólidos no Rio de Janeiro: Impactos das decisões dos gestores nas políticas públicas**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.

PINHEIRO, J. G. Disponível em: <<http://www.lixo.com.br/content/view/154/265/>>.

PETROBRÁS. 2015. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/>>

RIO DE JANEIRO. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Disponível em <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/3035089/DLFE-247507.pdf/Plano_Gestao_Integrada_Residuos.pdf>.

SEGALA, K.; MARTARELLO, S. **Gestão dos resíduos sólidos no Município do Rio de Janeiro-RJ**. Rio de Janeiro: Rio Como Vamos, 2013.

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2013. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2013>>.