

PROBLEMA DE ROTEAMENTO NA COLETA SELETIVA: ESTUDO NA COOPERATIVA PRÓ-RECIFE EM RECIFE-PE

Heitor de Araújo Negreiros Fernandes¹; Raydonal Ospina Martínez²

¹Estudante do Curso de Estatística - CCEN - UFPE; E-mail: hdanf1@de.ufpe.br,

²Docente/pesquisador do Depto de Estatística – CCEN- UFPE. E-mail: raydonal@de.ufpe.br.

Sumário: A coleta seletiva de lixo tem um papel muito importante para a gestão, planejamento urbano e preservação do meio ambiente. No processo de separação e recolhimento de resíduos descartados são recuperadas diferentes matérias-primas que poderão dar origem a novos produtos aliviando a carga de poluição ambiental. A separação do lixo evita a contaminação dos materiais reaproveitáveis, aumentando assim o valor agregado destes e reduzindo os custos operacionais. O presente estudo analisa o roteamento dos veículos que fazem a coleta seletiva conduzida pela Cooperativa Pró-Recife - Recife/PE. O Problema de Roteamento de Veículos (PRV) consiste no atendimento de um conjunto de clientes por intermédio de uma frota de veículos, satisfazendo uma série de restrições operacionais. No problema abordado algumas restrições são: a jornada de trabalho é de 8 horas/dia, dividida em dois períodos com um intervalo para almoço entre eles; a capacidade nominal do caminhão (um único veículo pertencente à cooperativa) é de 5.000 Kg; a quantidade de material recolhido em uma visita varia entre 200 e 1000 Kg por local de coleta; além disso, cada local pode determinar um ou mais dias de visitas em que o material pode ser recolhido. Esta última restrição faz com que o presente estudo faça parte, mais especificamente, à variante do PRV conhecida por Problema de Roteamento de Veículos Periódico (PRVP).

Palavras-chave: coleta seletiva; problema de roteamento de veículos (PRV); problema de roteamento de veículos periódico (PRVP);

INTRODUÇÃO

As coletas seletivas de lixo têm um papel muito importante para o meio ambiente. Além de realizar um processo de separação e recolhimento dos resíduos descartados, transforma todos os resíduos recicláveis em matéria-prima que dão origem à novos outros produtos. A separação no lixo evita a contaminação dos materiais reaproveitáveis, aumentando o valor agregado destes e diminuindo os custos de reciclagem.

O foco principal do estudo na cooperativa é nos problemas de roteamento de veículos (Problemas do Caixeiro-Viajante). Estes tratam de um conjunto de cidade (nós) pelos quais o Caixeiro-Viajante sai de uma cidade inicial e faz uma única visita a cada cidade, formando um circuito ou subcircuito, retornando à cidade de origem. Nos problemas do caixeiro, o desenvolvimento se dá a partir da formação de redes por nós (origens e destinos), com ligações representativas de distância e tempo, com grafos orientados ou não (vias em um único sentido ou duplo, respectivamente).

O presente trabalho é um problema de otimização combinatória, em particular de programação linear inteira, que busca atender a um número de clientes com uma frota de veículos dentro de um horizonte de planejamento. Na literatura é conhecido como Problema de Roteamento de Veículos Periódico (PRVP), proposto inicialmente por Beltrami e Bondin em 1974 aplicado à coleta de resíduos urbanos. É uma extensão do Problema do Caixeiro Viajante (PCV) e é considerado também um problema NP-Difícil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Através da cooperativa Pró-Recife obtivemos as seguintes informações:

- Nome dos locais de coleta: logradouros (ruas e bairros) e demanda de cada local de coleta;
- Dados de tempo: dias da semana, horários disponíveis para a coleta e expediente;
- Dados das características do veículo: capacidade volumétrica-mássica.

O Google Maps foi uma das principais ferramentas e foi usado para calcular as distâncias entre os locais de coleta e também para estimar o tempo da viagem entre os locais de coleta. O modelo foi implementado em **AMPL** e resolvido usando *software* **Gurobi** 5.0.1 (www.gurobi.com).

Construiu-se um modelo de programação linear inteira mista, tendo como principais referências os trabalhos na área de Problema de Roteamento de Veículos (PRV) de Stark, Cantão e Cantão (2013), Gomes e Rosa (2013) e Baptista, Oliveira e Zúquete (2002).

RESULTADOS

A cooperativa Pró-Recife possui uma área de coleta na região metropolitana do Recife (onde há maior concentração dos locais de coleta), em Olinda e na cidade do Cabo de Santo Agostinho. São estes equivalentes a 19 locais de coleta no modelo. A cooperativa possui apenas 1 veículo coletor com capacidade nominal de 5.000 kg e a jornada de trabalho de 8 horas/dia com divisão de dois turnos de 4 horas. A Cooperativa Pró-Recife define duas rotas por dia. A primeira rota ocorre pela manhã, e ao final desta os motoristas voltam para a garagem para fazerem a hora do almoço e descanso. Logo após, dá-se início a segunda rota do dia. Foram testados diversos cenários, ou seja, diferentes valores para o tempo disponível por rota e a quantidade de veículos.

Para o cenário estudado, adotou-se um horizonte de planejamento de uma semana, ou seja, cinco dias, conforme a semana de trabalho dos motoristas. Os cenários testados que tiveram solução viável e o resultado final pode ser observado na Tabela 1. No resultado final encontrado, a distância total percorrida é 192,15 km.

Dia	Rota	Peso (kg)	Distância (km)	Tempo
1	(0,17,1,15,16,3,12,0)	2800	15,5	3h10m
2	(0,5,6,0)	1500	59,3	2h48m
3	(0,1,18,13,14,11,0)	1800	33,9	4h0m
4	(0,6,0)	600	33,9	2h5m
5	(0,8,7,9,10,18,2,4,0)	2200	25,15	3h53m
Total		8900	192,15	15h56m

Tabela 1: Resultado final para o problema.

DISCUSSÃO

Para o cenário testado com a função objetivo de menor valor com 185,35, este cenário não atende a necessidade da cooperativa pelo fato de ultrapassar o turno de 4 horas. Comparando com o sistema de roteamento praticado pela cooperativa houve uma redução de 30,25% e ainda uma redução de 2 horas no tempo total para a coleta. Ao decorrer deste estudo a cooperativa passou a visitar também outros locais de coleta. Com essas alterações

basta adicionarmos novos pontos de coleta e colher algumas informações sobre esses pontos com a cooperativa para atualização dos dados e a partir do modelo desenvolvido obter outras novas rotas. Deste modo, a medida que a cooperativa for crescendo em questões de locais de coleta o modelo poderá gerar rotas plausíveis para a cooperativa.

CONCLUSÕES

Este projeto apresentou um modelo matemático para resolver Problema de Roteamento de Veículos Periódico (PRVP) aplicado à coleta seletiva. A partir do estudo realizado na cooperativa foi possível obter bons resultados que refletem na redução de uma parcela significativa dos custos, pois se reduz os gastos com combustível, manutenção dos veículos, hora de trabalho dos motoristas e ajudantes.

Houve uma redução de 30,25% na distância e 2 horas no tempo total, mas ao mesmo tempo não permite uma comparação global com o praticado, visto que o retorno à cooperativa pode ser feito com certa flexibilidade.

Como a quantidade de locais de coleta é considerada baixa, devido ao pequeno porte da cooperativa, não há necessidade por enquanto de mais de um veículo coletor. Por fim, o único veículo coletor só precisa de um turno (manhã ou tarde) para realização da coleta no horizonte planejado de 5 dias semanais.

AGRADECIMENTOS

O estudante agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo apoio. Agradece também aos professores do Depto de Estatística: André Leite, Geiza Cristina e Raydonal Ospina pela supervisão durante todo o projeto.

REFERÊNCIAS

ARENALES, M., ARMENTANO, V. A., MORABITO, R., e YANASSE, H. H. (2007). Pesquisa Operacional. Elsevier, Rio de Janeiro. 523 p.

Beltrami, E. J.; Bodin, L. D. (1974) Networks and vehicle routing for municipal waste collection. Networks, v. 4, p. 65–94.

Stark, S. F.; Cantão, L. A. P. e Cantão, R. F. (2013). Problema de Roteamento na Coleta Seletiva: Estudo na Cooperativa Reviver, Sorocaba - SP. XL SBPO, Natal, RN.

GOMES, I. V. S. ; ROSA, Rodrigo de Alvarenga. Modelo Matemático Baseado no Problema de Roteamento de Veículos Periódico Aplicado À Coleta de Resíduos de Serviço De Saúde (RSS).

Baptista, S.; Oliveira, R. C.; Zúquete, Eduardo.: A period vehicle routing case study. European Journal of Operation Research 139 (2), 220-229 (2002)

GONÇALVES, F. M. M. (2010). Optimização de um sistema de distribuição capilar: O caso da autosil. Master's thesis, Curso de Engenharia e Gestão Industrial, Departamento de Engenharia e Gestão, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.