

# Problema de Roteamento de Veículos com Múltiplos Depósitos e Janelas de Tempo

Carlo S. Sartori | Luciana S. Buriol

## Introdução

Um grande problema para empresas de logística, transporte ou entregas é como distribuir seus veículos para atender cada cliente. O Problema de Roteamento de Veículos (do inglês, *Vehicle Routing Problem*) trata de solucionar este problema, buscando as melhores rotas para cada veículo, respeitando restrições de cada caso particular.

A qualidade das rotas é medida com a minimização de custos. Alguns custos comuns são: o financeiro, o tempo total da rota, o atraso das entregas e, inclusive, os danos ambientais causados.

Em especial, o Problema de Roteamento de Veículos com Múltiplos Depósitos e Janelas de Tempo (do inglês, *Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Time Windows*) trata de encontrar as melhores rotas dado que

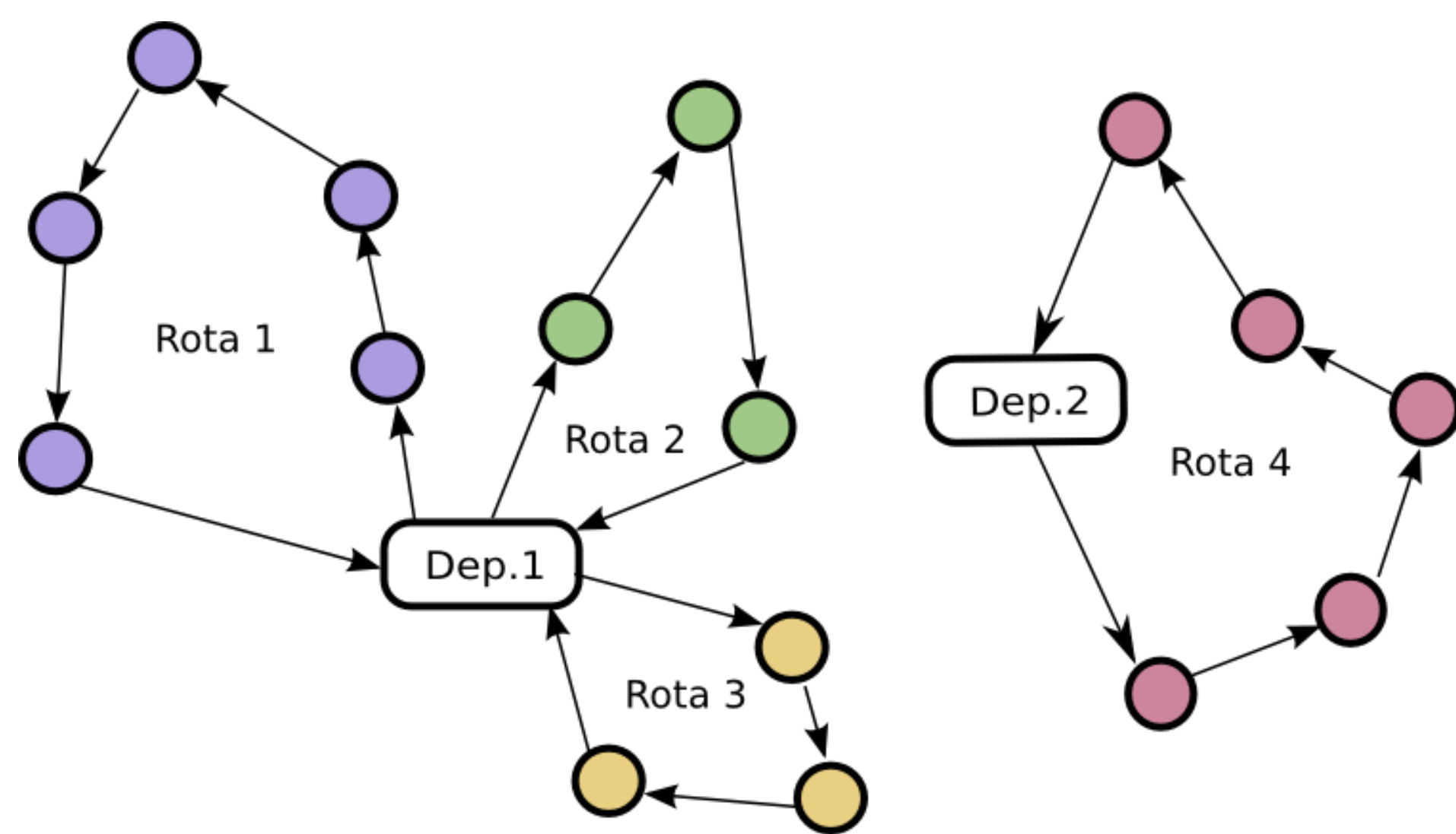
- Todos os clientes que solicitaram atendimento devem ser atendidos;
- O tempo em que cada cliente pode ser atendido (janela de tempo) deve ser respeitado;
- Cada depósito tem um número máximo de veículos;
- Cada veículo que sai de um determinado depósito deve retornar para o mesmo depósito;
- A distância total da rota deve ser *minimizada*.

No presente trabalho estudamos a aplicação do problema em um caso real, no problema de entregas de compras de uma rede de farmácias de Porto Alegre. Propomos o uso de uma heurística simples, e realizamos testes com dados reais fornecidos por uma empresa parceira.

## Algoritmo Proposto

Por se tratar de um problema difícil em termos computacionais (categoria NP-Hard), é necessário uma abordagem heurística, pois métodos de força bruta ou *solvers* exatos não conseguiriam resolver mesmo os casos com poucos clientes em um tempo adequado. Desta forma, propomos uma heurística baseada em duas fases:

- 1. Fase Construtiva:** A primeira fase trata de gerar uma solução inicial válida, isto é, uma distribuição de rotas entre veículos de forma que as restrições sejam respeitadas. Utilizamos uma versão adaptada do algoritmo denominado *Insertion Heuristic*, proposto por [Solomon 87]. A Figura 1 apresenta um exemplo de solução inicial gerada.
- 2. Fase de Melhora:** Na segunda fase utilizamos a solução inicial gerada na primeira e realizamos buscas locais na tentativa de melhorar o resultado gerado. Aplicamos três buscas locais iterativamente: 3-opt [Baker 86], Or-opt [Or 76], interchange [Osman 93]. As iterações seguem até que nenhuma melhora seja feita, caso em que um mínimo local foi atingido.



**Figura 1** – Exemplo de solução gerada. Círculos de mesma cor são clientes atendidos por um mesmo veículo.

## Resultados

Testes foram realizados com dados reais de uma rede de farmácias de Porto Alegre que oferece o serviço de *delivery*. As instâncias foram fornecidas por uma empresa parceira da pesquisa. Devido ao método atual utilizado por eles ser pouco automatizado, os dados se restringiram a utilizar apenas um depósito e um veículo, sendo este um caso particular do problema tratado (TSPTW). Com o progresso da pesquisa realizaremos testes com instâncias mais apropriadas para o VRP.

Ao todo, 3316 instâncias foram resolvidas, com quantidades de pedidos variando de 3 a 39 pedidos. A Tabela 1 fornece resultados para as 10 maiores, comparando os resultados obtidos pela empresa (BKS) e pelo nosso algoritmo ( $S^*$ ). Os resultados são dados em quilômetros percorridos pelo veículo realizando as entregas. A coluna N indica o número de pedidos considerados, enquanto a *gap* informa a diferença percentual da nossa solução para a BKS. Utilizou-se a distância de *Manhattan* para estimar as distâncias entre dois pontos. Mais análises serão apresentadas utilizando distâncias reais providas por uma API do Google. Os tempos de processamento se mantiveram abaixo de 1 segundo, demonstrando a eficiência do algoritmo, ainda que simples.

Table 1: Resultados para as 10 maiores instâncias

| Inst.   | N  | Dados   |            | Algoritmo |  |
|---------|----|---------|------------|-----------|--|
|         |    | BKS(km) | $S^*$ (km) | $gap$ (%) |  |
| 5087562 | 39 | 51.49   | 17.47      | -66.08    |  |
| 5089621 | 33 | 57.11   | 14.13      | -75.26    |  |
| 5089628 | 32 | 131.87  | 35.58      | -73.02    |  |
| 5089616 | 32 | 71.89   | 26.27      | -63.46    |  |
| 5089613 | 31 | 55.93   | 16.58      | -70.36    |  |
| 5087527 | 31 | 131.21  | 43.34      | -66.96    |  |
| 5089744 | 30 | 70.36   | 28.76      | -59.13    |  |
| 5086642 | 29 | 49.48   | 17.26      | -65.11    |  |
| 5089786 | 29 | 40.38   | 12.37      | -69.36    |  |
| 5089165 | 29 | 90.02   | 49.27      | -45.26    |  |

## Conclusões

A análise dos resultados demonstra que o algoritmo proposto neste trabalho, apesar de simples, consegue encontrar resultados com melhorias significativas para casos reais. Isto confirma o fato de que a indústria pode se beneficiar da pesquisa científica, podendo trazer grandes benefícios para a sociedade.

O progresso do trabalho irá considerar uma heurística mais completa, bem como mais restrições e outras variações do VRP.

## Referências

- [Solomon 87] Solomon, M. M. (1987), *Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Window Constraints*. Operations Research Vol. 5, 254-265.
- [Baker 86] Baker, E.K. and J.R. Schaffer (1986), *Solution Improvement Heuristics for the Vehicle Routing and Scheduling Problem with Time Window Constraints*. American Journal of Mathematical and Management Sciences Vol. 6, 261-300.
- [Or 76] Or, I. (1976), *Traveling Salesman-Type Combinatorial Problems and their Relation to the Logistics of Regional Blood Banking*. Ph.D. thesis, Northwestern University.
- [Osman 93] Osman, I.H. (1993), *Metastrategy Simulated Annealing and Tabu Search Algorithms for the Vehicle Routing Problems*. Annals of Operations Research Vol. 41, 421-452.

## Agradecimentos

A pesquisa foi realizada no Grupo de Algoritmos e Otimização Combinatória do Instituto de Informática da UFRGS. Gostaria de agradecer a Luciana Buriol, Marcelo Friske, Victória Simonetti e Fernando Bombardelli pela valiosa ajuda ao longo deste trabalho. Também vale mencionar a empresa *Umov.me*, que forneceu os dados reais para realizarmos os testes.