

## Heurísticas de Busca Local em Grandes Vizinhanças para o Problema de Roteamento de Veículos com Coleta e Entrega Ordenadas

Ronaldo Prata Amorim\*, Eduardo Candido Xavier.

### Resumo

Problemas de roteamento de veículos formam um conjunto importante na área de otimização combinatória, podendo ser usados para a modelagem de várias situações reais, porém achar a solução ótima de qualquer um destes problemas é NP-difícil. Assim, assumindo a hipótese de que  $P \neq NP$ , não é possível construir algoritmos comprovadamente eficientes que sempre encontram soluções ótimas, de modo que o uso de soluções heurísticas eficientes se torna essencial. Este projeto investiga um conjunto de heurísticas baseadas em busca local aplicadas a um problema de roteamento bem definido usado para modelagem de colaboração logística.

### Palavras-chave:

Compartilhamento de Veículos, Otimização Combinatória, Busca Local em Grande Vizinhanças.

### Introdução

No contexto de entregas e transporte de produtos, existe grande oportunidade de melhoria com a utilização de colaboração logística entre diferentes empresas da área, onde uma empresa pode atender pedidos de outras ao mesmo tempo que seus próprios, possibilitando não somente a redução de custos individuais, como a eliminação de espaço redundante em veículos de entrega que não operam em capacidade total.

Este projeto investiga um problema que modela este cenário e apresenta uma comparação de heurísticas presentes na literatura para resolução deste.

### Resultados e Discussão

Tratamos de um problema usado para modelar estas colaborações denominado Problema de Roteamento de Veículos com Coleta e Entrega Ordenadas (PDO), onde os veículos devem levar cada produto do seu ponto de coleta a seu ponto de entrega, sendo possível fazer desvios e carregar vários produtos ao mesmo tempo, desde que não seja ultrapassada a capacidade individual de cada veículo.

Para a resolução deste problema, foi analisado um conjunto de heurísticas baseadas na técnica de Busca Local em Grande Vizinhança (LNS), descrita por Pisinger e Ropke[1], em que soluções vizinhas são construídas a partir de operações contínuas de remoção e reinserção de pares coleta/entrega, que denominamos agentes.

Dentro do LNS foram selecionadas para comparação três heurísticas de remoção (*random*, *related* e *worst*) e seis heurísticas de inserção (*basic greedy (1-regret)*, *2-regret*, *5-regret*, *10-regret*, *15-regret* e *max-regret*) de agentes na solução, totalizando 18 combinações. Também foi criada uma heurística dinâmica, que utiliza pesos dinamicamente atualizados para selecionar entre as possíveis combinações dentre as anteriores.

Estas heurísticas foram testadas em instâncias de cinco diferentes tamanhos (16, 32, 64, 128 e 256 agentes) totalizando 550, sendo o tempo limite de cada instância selecionado como o tempo médio para a estabilização na construção de melhores soluções. A partir da execução dessas instâncias foram construídos gráficos de *performance profile* para comparação de todas as heurísticas (Figura 1).

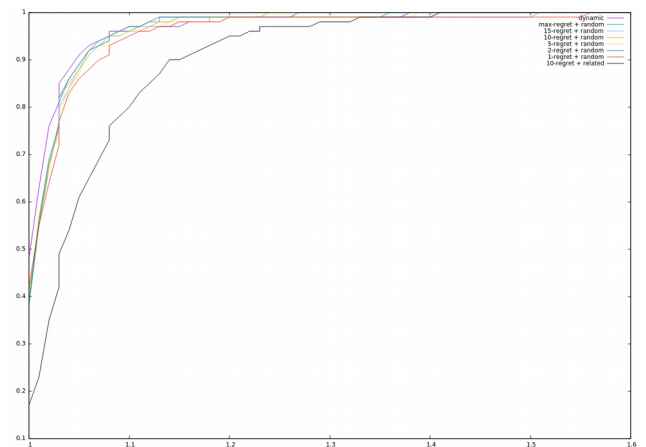


Figura 1. Gráfico *performance profile* para comparação das 8 melhores heurísticas estudadas.

### Conclusão

A partir da análise dos resultados pode-se concluir que, entre as heurísticas de inserção, as de maior *regret* resultam em resultados geralmente melhores, porém não se percebe muita diferença entre as heurísticas além da *basic greedy*, a mais simples. Também pode-se notar que, dentre as heurísticas de remoção, a que teve melhor desempenho foi a heurística de remoção aleatória, devido ao fato de que, enquanto as outras heurísticas mais complexas conseguem soluções boas mais rapidamente, elas estabilizam muito mais cedo e têm dificuldade em achar soluções melhores após isso. Por outro lado, se mostra satisfatório o desempenho da heurística dinâmica, o melhor dentre todas as combinações estudadas, demonstrando o mérito da diversidade na resolução de problemas de grande porte.

### Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, prof. Dr. Eduardo Candido Xavier, e ao doutorando Vinicius de Novaes Pereira, por me auxiliarem durante o desenvolvimento deste projeto de pesquisa. Este projeto foi financiado com recursos oriundos da agência de fomento CNPq.

<sup>1</sup> D. Pisinger and S. Ropke. A general heuristic for vehicle routing problems. *Computers and Operations Research*, pp. 2403 – 2435, v. 34, issue 8, 2007.