

## DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS PRÁTICO-DIDÁTICOS PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE PELOS MÉTODOS “MÉTODO DO VIZINHO MAIS PRÓXIMO” E GRASP

**Gabriel Oliveira de Almeida; Tatiana Balbi Fraga (Orientador)**

O Problema do Caixeiro Viajante ou TSP (do inglês *Traveling Salesman Problem*) é um problema de otimização combinatória no qual busca-se determinar a rota de menor custo entre um grupo de pontos, que podem ser representações de cidades, localidades, ou de outros elementos tratados em problemas de designação. Nessa rota, cada ponto deve ser visitado uma, e uma única, vez. O custo, geralmente, é calculado com base em distintos fatores, tais como a distância de deslocamento entre os pontos, o tempo necessário para tal deslocamento, condições de cada trecho, gastos com combustível, ou outros fatores que podem estar, direta ou indiretamente, associados aos trechos de deslocamento. Uma importante generalização do TSP é o Problema do Caixeiro Viajante com Múltiplas Rotas ou MTSP (do inglês *Multiple Traveling Salesman Problem*), onde são considerados vários caixeiros viajantes, cada um percorrendo a sua própria rota. Assim sendo, no caso de um MTSP, são admitidas soluções com várias rotas partindo da origem, passando por alguns pontos, e retornando a origem. Contudo, assim como no caso do TSP, todos os pontos, com exceção do ponto de origem, devem ser visitados uma única vez, ou seja, devem pertencer a uma única rota. Bektas (2006) apresenta uma revisão sobre os principais modelos matemáticos e procedimentos de solução apresentados na literatura (até o ano de 2004) para o MTSP. O livro de Gutin & Punnen (2007) apresenta uma vasta revisão bibliográfica sobre o TSP em suas diferentes formas e sobre suas diversas aplicações. O livro também aborda sobre a complexidade atrelada a tais problemas e apresenta muitos dos distintos algoritmos exatos e de aproximação aplicados em sua solução. Apesar do TSP ser um problema de grande importância prática e provavelmente um dos problemas de otimização combinatória mais conhecidos na literatura, é difícil encontrar, na internet ou através de outros meios, aplicativos de fácil acesso e utilização, através dos quais os TSP e MTSP possam ser resolvidos para fins didáticos ou para casos reais. Com base nessa carência, nesse trabalho foram desenvolvidos dois aplicativos, chamados Routing, Módulo NNM e Módulo GRASP, para solução do Problema do Caixeiro Viajante, com uma única e com múltiplas rotas, através do Método do Vizinho Mais Próximo e do método GRASP, respectivamente. Os métodos aplicados não estão entre os mais eficientes para solução dos problemas tratados nesse trabalho, contudo são métodos clássicos abordados na literatura. Em especial o método GRASP tem grande importância prática e teórica, uma vez que é utilizado com frequência no desenvolvimento de soluções iniciais para posterior aplicação de diferentes heurísticas. Os aplicativos foram desenvolvidos em linguagem C++, através do software CodeBlocks, e suas interfaces foram desenvolvidas em linguagem html, css e php. Juntamente com esses aplicativos, foram elaborados textos explicativos sobre o TSP, e sobre os métodos aplicados, além de tutoriais de utilização dos aplicativos desenvolvidos. Para teste dos aplicativos, foram utilizadas duas abordagens: a) teste de eficiência, através de benchmarks apresentados na literatura para os problemas tratados; e b) teste de potencial didático, compreensão e usabilidade por alunos que cursam as disciplinas “Programação Matemática” e “Tópicos Especiais em Engenharia de Produção 2” do curso de Engenharia de Produção do CAA-UFPE. Os testes de eficiência foram realizados com alguns benchmarks selecionados da biblioteca TSPLIB (<http://comopt.ifl.uni->

heidelberg.de/software/TSPLIB95). Como resultado, foi possível verificar que o Módulo NNM consegue gerar resultados razoáveis muito rapidamente para problemas com até 400 pontos. Já o Módulo GRASP, consegue gerar resultados consideravelmente melhores do que os gerados pelo primeiro aplicativo, contudo para problemas com até 200 pontos, e exigindo maior tempo de processamento e esforço computacional. Também se verificou a necessidade de aplicação de outras metodologias mais eficientes apresentadas na literatura para a geração de resultados melhores para os problemas considerados. Para realização do segundo teste, os alunos foram motivados a lerem os textos e tutoriais disponibilizados no site do GAMOS e a utilizarem os aplicativos respondendo ao questionário disponível no site <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdNzE2tIsZfM8RCVw6e9VYffvstc33TufShnZsvscMSqR8x1A/viewform>. Como resultado desse segundo teste, foi possível verificar que os alunos apresentaram grande interesse pelos aplicativos. Os mesmos vislumbraram distintas possibilidades de aplicação, em seus projetos de final de curso, profissionalmente, ou em empresas de parentes próximos. Também foi possível perceber um aumento considerável do interesse dos alunos pelas disciplinas nas quais os testes foram realizados. Até a presente data, o nível de frequência aumentou consideravelmente (próximo a 100%) em relação a semestre anteriores, e os alunos se esforçaram em realizar as atividades e exercícios de casa, acompanhando a disciplina conforme aconselhado pelo professor. Acreditamos que os aplicativos contribuíram de forma significativa para que os alunos compreendessem a importância teórica e prática dos assuntos tratados em aula e vislumbrassem a possibilidade de desenvolvimento de ferramentas computacionais para solução de problemas reais com base nos temas discutidos no curso. Para quem tiver interesse, os aplicativos, textos e tutoriais podem ser acessados no site do GAMOS ([www.gamos.com.br](http://www.gamos.com.br)).

**Palavras-chave:** aplicativos; Método do Vizinho Mais Próximo; Método GRASP; Problema do Caixeiro Viajante; Problema do Caixeiro Viajante com Múltiplas Rotas

### Referências

**BEKTAS, T.** The multiple traveling salesman problem: an overview of formulations and solution procedures. *Omega*, 34, p. 209-219, 2006.

**GUTIN, G., PUNNEN, A. P.** *Combinatorial Optimization: The Traveling Salesman Problem and Its Variations*. Vol. 12. Springer. 2007.

