

Hibridização de Meta-heurísticas baseadas no Algoritmo Genético aplicada na resolução do Problema de Roteamento de Veículos.

Adolfo Aires Schneider¹
Edgar Marcos Ancieto Junior²
Maria José Pereira Dantas³
PUC Goiás, Goiânia, GO

Problemas de otimização combinatória permeiam varias camadas do mundo em que vivemos, desde ordenar um conjunto de cartas até definir rotas de caminhões para N locais partindo de um centro de distribuição para transporte de mercadorias, objetivando minimizar o custo total das despesas (problema do roteamento de veículos - *VRP*) [4]. A modelagem e solução ótima desses problemas em grandes instâncias acarretaria em um enorme impacto tanto científico, quanto econômico. Em consequência da inviabilidade de resolver tais problemas de forma ótima quando o tamanho de suas instâncias aumentam, métodos genéricos estocásticos conhecidos como Meta-heurísticas (MHs) surgiram com o objetivo de obter soluções próximas da ótima em tempo viável para tais problemas [2], geralmente mimetizando processos naturais e conceitos de evolução como o de Darwin simulado pelo Algoritmo Genético (*GA*) [4].

O objetivo principal desse projeto é estudar e propor MHs híbridas (combinação de duas ou mais MHs, tendo como objetivo cobrir as desvantagens das MHs individuais [1]), tendo como focos principais as MHs (*GA*) e Busca Tabu (*TS*). Sendo a primeira etapa descobrir como hibridizar MHs, foi estudado um dos trabalhos de Raidl, mostrando possíveis técnicas de hibridizações além de propor uma taxionomia baseada em 4 fatores: Tipos de algoritmos hibridizados, nível de hibridização, ordem de execução e estratégia de controle [6]. A pesquisa seguiu com os seguintes objetivos: Estudar e implementar a *TS* e o *GA*, propor e implementar um híbrido entre eles e modelar e resolver instâncias do *CVRP* (variante do *VRP* onde os caminhões possuem capacidade) utilizando os métodos desenvolvidos. Visto que uma solução para *CVRP* pode ser obtida em tempo linear e de forma determinística a partir de uma solução do problema do caixeiro viajante (*TSP*) utilizando uma técnica de programação dinâmica similar a proposta por Vidal em [9], todas as MHs foram desenvolvidas para resolver o *TSP*, sendo posteriormente adaptadas para solucionar o *CVRP*, ou seja, apenas modificando a função de cálculo de custo de uma possível solução.

O algoritmo híbrido desenvolvido funciona executando a *TS* nas soluções geradas pelo cruzamento do *GA*, além de ser executada na melhor solução encontrada. Sendo um híbrido integrativo e colaborativo de alto nível, combinando a capacidade de exploração do *GA*, a rápida intensificação [1] e a capacidade de evitar ciclos [3] da *TS*, o algoritmo híbrido tem potencial para encontrar soluções melhores que as MHs individuais. Para analisar essa hipótese, testes foram executados com as instâncias exibidas na Tabela 1, obtidas em [5, 7].

Para avaliar e comparar o desempenho entre as MHs individuais e sua hibridização, foram executados testes em todos os algoritmos implementados, com um total de 20 execuções para cada

¹adolfo.aires@gmail.com

²mjpgdantas@gmail.com

³junior.ancieto@gmail.com

MH e cada execução com 1000 iterações. Na Tabela 1 são exibidas as instâncias utilizadas para testes, seus tamanhos representado por N , e para cada uma das instâncias foi exibido o melhor resultado conhecido na literatura, o valor médio e o melhor encontrado para o *GA*, a *TS* e o algoritmo *Híbrido*, respectivamente.

O algoritmo híbrido se mostra superior as MHs individuais em termo de qualidade de soluções, conseguindo uma solução média melhor que os algoritmos individuais como visto na Tabela 1, porém gastando mais tempo de execução. Tendo esse fator em mente, os próximos passos serão focados em propor ou modificar um híbrido com um menor tempo computacional, porém tentando manter ou melhorando a eficácia do híbrido aqui apresentado, focando na integração de baixo nível entre as MHs, processamento paralelo além da exploração de possíveis vizinhanças granulares [8].

Tabela 1: Resultados dos testes do algoritmo híbrido desenvolvido.

Instância	N	GA			TS		Híbrido	
		Ótimo	Média	Melhor	Média	Melhor	Média	Melhor
<i>CVRP A-n32-K5</i>	32	784,00	810,75	784,00	799,85	784,00	794,25	784,00
<i>TSP Att48</i>	48	37.266,80	38.852,95	37.589,50	38.844,78	38.250,40	38.001,11	37.266,80
<i>TSP Berlin52</i>	52	8.764,83	9.420,64	8.845,86	9.167,62	8.833,54	9.032,50	8.764,83

Agradecimentos

Agradecimento ao grupo de pesquisa do laboratório de Estatística e Modelagem Matemática (LEMM) da PUC Goiás e ao CNPQ pela bolsa PIBIC.

Referências

- [1] Blum, C. Hybrid metaheuristics in combinatorial optimization: A tutorial, *Lecture Notes in Computer Science*, 2012. DOI: 10.1007/978-3-642-33860-1_1
- [2] Boussaid, I. and Lepagnot, J. and Siarry, P. A survey on optimization metaheuristics, *Information Sciences*, 2013. DOI: 10.1016/j.ins.2013.02.041
- [3] Glover, F. and Taillard, E. A user’s guide to tabu search, *Annals of Operations Research*, 1993. DOI: 10.1007/BF02078647
- [4] Luna, H. and Goldberg, M. and Goldberg, E. Otimização Combinatória e Meta-Heurísticas: Algoritmos e Aplicações. *Elsevier*, 2016.
- [5] PUC-Rio. CVRPLIB. <http://vrp.galagos.inf.puc-rio.br>, 2014.
- [6] Raidl, G. A unified view on hybrid metaheuristics. *Lecture Notes in Computer Science*, 2006. DOI: 10.1007/11890584_1
- [7] Reinelt, G. TSPLIB. <http://elib.zib.de/pub/mp-testdata/tsp/tsplib/tsplib.html>, 1991.
- [8] Toth, P. and Vigo, D. The granular tabu search and its application to the vehicle-routing problem. *INFORMS Journal on Computing*, 2003. DOI: 10.1287/ijoc.15.4.333.24890
- [9] Vidal, T. Technical note: Split algorithm in $o(n)$ for the vehicle routing problem. *Computers and Operations Research*, 2015. DOI: 10.1016/j.cor.2015.11.012