



## VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH APLICADO AO ESCALONAMENTO E ROTEAMENTO DE TRENS

**Higor D'Talles Costa, Marcia Helena Moreira Paiva, Helder Roberto de Oliveira Rocha**

Universidade Federal do Espírito Santo

Departamento de Engenharia Elétrica, Vitória, Espírito Santo, Brasil

higor.d.costa@aluno.ufes.br,

marcia.paiva@ufes.br, helder.rocha@ufes.br

### RESUMO

Têm sido cada vez mais frequentes as demandas de estudos relacionados ao transporte ferroviário, que nunca foi tão demandado para o transporte eficiente de cargas e de passageiros. Dentre tantos desafios para torná-lo ainda mais competitivo, destaca-se o problema de escalonamento e roteamento de trens. Neste trabalho, as ferrovias são modeladas via grafos, e é apresentado um modelo para resolver o problema de escalonamento e roteamento em ferrovias que suportam fluxo bidirecional de trens. O cerne do problema está em detectar e resolver conflitos de rota entre os trens que circulam na ferrovia. Um conflito ocorre quando um segmento de via é alocado para uso de dois ou mais trens em um mesmo intervalo de tempo. Como em muitos casos as rotas podem ser bastante longas, o aumento do número de trens em uma dada ferrovia aumenta também a chance de ocorrerem conflitos. Uma vez que se trata de um problema *NP-Hard*, a solução proposta foi baseada em métodos heurísticos. Foi implementada a metaheurística *VNS (Variable Neighborhood Search)* juntamente com três estruturas de vizinhança, com o objetivo de escapar de ótimos locais. Optou-se por utilizar o *VNS* em seu esquema mais simples, não híbrido, a fim de avaliar seu desempenho na tarefa proposta. Para os testes, foram criadas seis topologias planares aleatórias com  $n$  vértices e  $m$  arestas, sendo  $n/m$  dados por: 49/57, 94/112, 184/222, 274/332, 364/442 e 454/552. Essas topologias foram testadas em três cenários: (a) número de trens igual a 25% do número de arestas com somente uma rota por trem, (b) número de trens igual ao caso anterior, com até três rotas por trem, e (c) trinta trens com até três opções de rota por trem. No caso (a), a busca demandou mais tempo e iterações em relação aos dois outros casos. A falta de opções de rota exige mais da busca local. No caso (b), a existência de mais rotas acarreta na convergência mais rápida do algoritmo, reduzindo as iterações e o tempo do processo. E, no caso (c), o número fixo de trens e as três opções de rota para cada um deles acarretam em uma drástica redução do número de iterações e, conseqüentemente, do tempo de busca. Em todo os casos as rotas começam, propositalmente, com muitos conflitos e ao final de cada etapa de busca local esses conflitos são eliminados, mesmo que para isso os trens sejam deslocados no tempo. Os resultados obtidos foram satisfatórios diante da complexidade das redes e do grande número de trens em circulação. Como trabalhos futuros, planeja-se avaliar a qualidade dos resultados considerando outros indicadores, tais como arestas mais sobrecarregadas e aumento nos tempos de trajeto dos trens, além de implementar um *VNS* adaptativo com base nestes indicadores.

**PALAVRAS CHAVE.** VNS, roteamento, ferrovia.

**L&T – Logística e Transportes, MH – Metaheurísticas, TAG – Teoria e Algoritmos em Grafos**