

## **Geração de Colunas para Otimização de Operações em Terminais de Granéis**

**Allan Fernandes Balardino**  
Universidade Federal de Viçosa - UFV  
Avenida P.H. Rolfs - 36570-000 - Viçosa, MG  
allan.balardino@ufv.br

**André Gustavo dos Santos, Marcelo Pinheiro Leite Benedito**  
Universidade Federal de Viçosa - UFV  
Avenida P.H. Rolfs - 36570-000 - Viçosa, MG  
andre@dpi.ufv.br, marcelo.benedito@ufv.br

### **RESUMO**

Ao longo das últimas duas décadas, o transporte marítimo de mercadorias vem crescendo a uma taxa muito alta e atualmente desempenha um papel importantíssimo no comércio internacional. Devido a esse crescimento essa área vem recebendo grande atenção dos pesquisadores no tocante ao aumento da eficiência das operações praticadas visando aumentar cada vez mais sua produtividade. Este trabalho tem como contexto principal o de terminais de granéis, que são terminais projetados para lidar com certos tipos de cargas granulares ou líquidas como minério de ferro e petróleo. Nesse contexto são abordadas duas operações básicas, otimizadas de forma integrada: alocação de cais para as embarcações e designação de áreas de localização. A alocação consiste em determinar em qual(is) seção(ões) do cais cada embarcação atracará e em que período de tempo. A designação consiste em determinar o tipo de mercadoria armazenada em cada localização do pátio, quando serão usadas e por qual(is) embarcação(ões). Como as embarcações geralmente possuem tamanhos diferentes o número de seções ocupadas do cais varia. E como possuem cargas de tipos diferentes e em quantidades diferentes, o tempo de manejo pode variar bastante, dependendo da seção e da localização usada para embarque/desembarque (distância entre elas e número de guias, esteiras e tubulações disponíveis). O objetivo é minimizar o atraso e o tempo total de serviço das embarcações. Além das restrições naturais de não sobreposição de embarcações no tempo e no espaço do cais, existem restrições de incompatibilidade de carga em localizações vizinhas, e uso não simultâneo de localizações. Para este problema foi proposto recentemente, por outros autores, um modelo de programação linear mista discretizado no tempo, que, devido à complexidade e grande número de variáveis, foi decomposto e resolvido por geração de colunas. O problema mestre seleciona um atracamento para cada embarcação e o problema auxiliar gera novos atracamentos viáveis, guiado pelos preços duais da solução do problema mestre. Nossa proposta de solução do modelo também usa geração de colunas, mas no lugar do modelo de programação inteira proposto pelos outros autores para o problema auxiliar, faz uma rápida enumeração na busca do melhor atracamento em cada iteração. Tal busca é possível e rápida por causa da discretização no tempo, proposta pelos autores do modelo original. Para um conjunto de instâncias disponíveis na literatura, com 10 a 40 embarcações utilizando durante 5 horas um porto 10 localizações e cais de 10 seções, nossa proposta encontra soluções ótimas uma a duas ordens de grandeza mais rápido, e quando não encontra a solução ótima dentro de um tempo limite encontra soluções melhores usando o mesmo tempo de execução. O método proposto permite uma solução híbrida, com a inserção de heurísticas para acelerar a solução, sem perder a garantia de otimalidade.

**PALAVRAS CHAVE.** Otimização Combinatória, Terminais de Granéis, Geração de Colunas.

**ÁREA PRINCIPAL:** L&T - Logística e Transportes, OC - Otimização Combinatória