



OTIMIZAÇÃO DA ALOCAÇÃO DE CAPACIDADE DE MANUTENÇÃO DE LOCOMOTIVAS COM PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA MISTA

Luiz Carlos Domiciano¹; Renato Cesar Sato²; Beatriz Marques³

¹ Universidade Federal de São Paulo (domiciano.lcarlos@gmail.com)

² Universidade Federal de São Paulo (rcsato@gmail.com).

³ Universidade Federal de São Paulo (beatrizdantasmarques@gmail.com).

Resumo: Soluções que viabilizem a otimização de custos e melhoria na eficiência operacional de sistemas de transporte de cargas podem permitir aumento do nível de competitividade de cadeias de produção. Dentre as várias áreas estudadas visando a melhoria dos processos e aumento da eficiência, a área de manutenção vem ganhando grande destaque, com o aumento da complexidade em plantas e equipamentos, e o advento de conceito de Indústria 4.0 que conecta equipamentos a bases de dados e sistemas de otimização automatizados. No contexto da manutenção ferroviária, a operacionalização e manutenção eficientes se mostram cruciais diante da concorrência global e da demanda por processos mais ágeis e menos custosos. O modal ferroviário, particularmente, representa uma solução logística atraente devido ao seu menor custo e alta capacidade de carga, além de possuir um impacto ambiental relativamente menor em comparação a outros modais. O presente estudo de caso visa propor e avaliar os resultados de um modelo de otimização da distribuição da equipe de manutenção de campo de locomotivas entre postos de atendimento existentes, com o objetivo de reduzir o deslocamento médio e, consequentemente, o tempo necessário para a realização de manutenção de emergência. Este estudo propõe um modelo de programação linear inteira mista que objetiva a realocação otimizada de equipes de manutenção, levando em conta variáveis como distâncias de deslocamento, demanda por manutenção e a capacidade de atendimento dos postos de manutenção. A aplicação do modelo resultou em uma redução significativa de 20,1% no deslocamento médio esperado por atendimento, equivalente a uma diminuição de mais de 9 mil quilômetros percorridos anualmente. Este resultado não apenas reflete em uma redução de custos com combustível e manutenção de veículos mas também contribui para a segurança dos mantenedores, ao expô-los menos aos riscos associados ao

deslocamento. Além dos ganhos imediatos com a redução de distâncias de deslocamento, o estudo destaca melhorias na disponibilidade de equipamentos e na capacidade de produção ferroviária. Tais avanços são diretamente ligados a uma operação mais eficiente e a um menor tempo de inatividade das locomotivas, fundamentais para a manutenção da competitividade no setor de transporte ferroviário de cargas. Conclui-se que o modelo proposto oferece um método eficaz para a otimização da alocação de equipes de manutenção de locomotivas, demonstrando que é possível alcançar melhorias significativas na eficiência operacional e na redução de custos através de uma abordagem analítica e orientada por dados. Este estudo contribui para a literatura existente ao fornecer insights práticos para a gestão e otimização da manutenção em sistemas de transporte de cargas ferroviárias, evidenciando o potencial de aplicação de métodos de programação linear em contextos industriais complexos. A pesquisa também aponta para futuros desenvolvimentos, sugerindo a incorporação de variáveis adicionais no modelo de otimização, como a infraestrutura dos postos de manutenção, o nível de qualificação dos profissionais e a facilidade de recrutamento de mão de obra. Esses elementos poderiam oferecer uma visão ainda mais completa da otimização da manutenção em campo, refletindo a complexidade e a multifacetada natureza da manutenção ferroviária moderna.

Palavras-chave: Manutenção Ferroviária; Eficiência Operacional; Programação Linear Inteira Mista; Otimização.