Capítulo 1

Introdução

1.1 Motivação

Em um contexto de demandas crescentes e recursos limitados, as ferramentas de otimização deveriam ter um papel muito relevante. Apesar disso, em todo o mundo e em particular no Brasil, a aplicação da otimização para a solução de problemas reais ainda é limitada. Em grande parte, os problemas são resolvidos manualmente ou, no máximo, com apoio de métodos de simulação ou heurísticas simples. As soluções encontradas podem estar muito distantes do ótimo, com conseqüente perda de eficiência e receita.

Dentre as diversas áreas em que a otimização pode ser aplicada para aumentar a eficiência e o aproveitamento de recursos, tem se destacado a Logística de Transportes, considerada por alguns autores como a última grande fronteira inexplorada para a redução de custos. Em particular, a área de logística ferroviária apresenta inúmeros problemas que podem ser modelados e resolvidos através de métodos de otimização. Segundo Cordeau et al. [10], a aplicação de tais métodos na área ferroviária tem crescido em diversos países nos últimos anos mas, apesar disso, ainda é bastante rara a utilização de otimização nas ferrovias brasileiras.

Além de acompanhar uma tendência mundial, outros fatores indicam a necessidade das ferrovias brasileiras rapidamente começarem a utilizar a otimização para operar de maneira mais eficiente. Atualmente, a grande maioria dos transportes no país ainda é feita através da malha rodoviária. Segundo estatísticas da antiga Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT), no ano de 2000, 60,5% do transporte de carga foi feito através de rodovias, enquanto que apenas 20,9% foi feito através de ferrovias. Em alguns estados, a situação é ainda mais crítica. Em São Paulo, o mais importante centro econômico do país, no mesmo ano, 93,3% dos transportes foram feitos por rodovias enquanto apenas 5,5% através de

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0310414/CA

ferrovias. Esse cenário, aliado à expectativa de crescimento da demanda por transportes de cargas e à situação de caos em que se encontram as rodovias brasileiras, pede por buscas de transportes alternativos de maneira a aliviar a sobrecarga rodoviária, e permitir uma redução nos custos de frete.

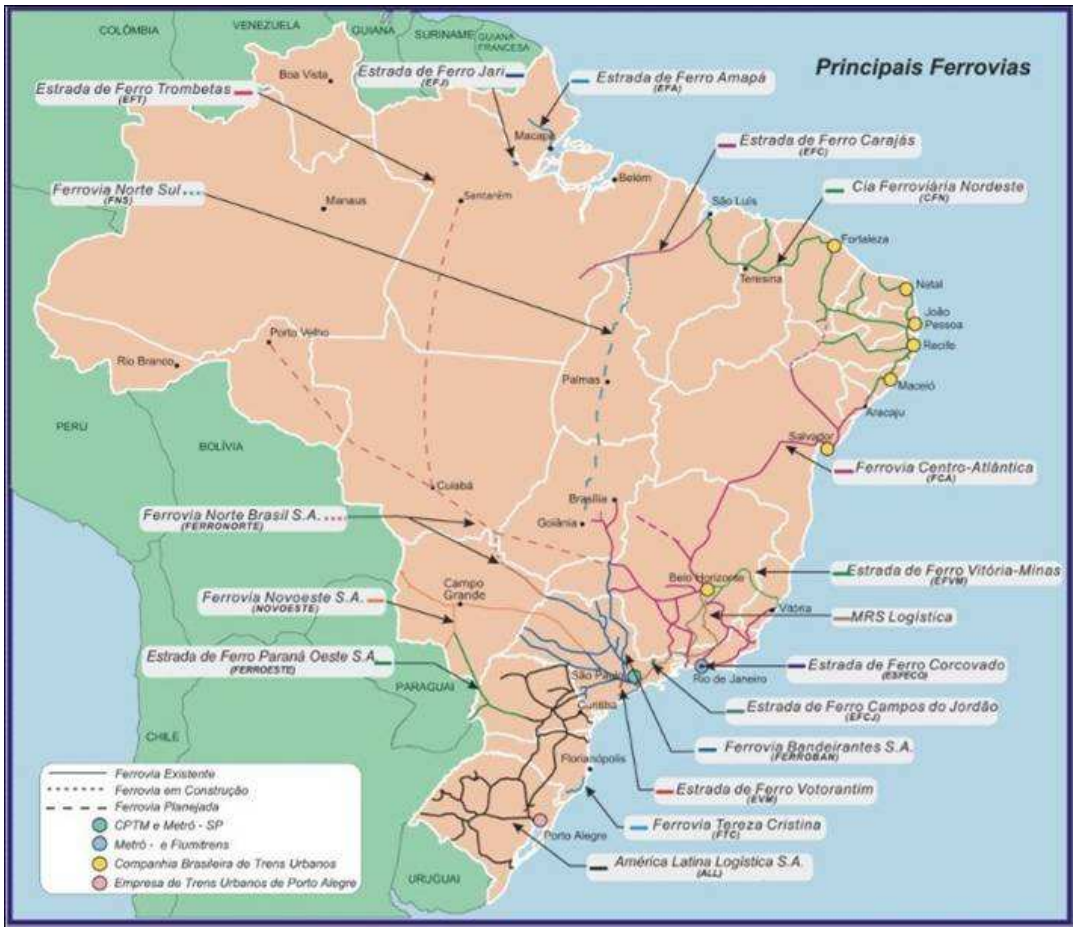

Figura 1.1: Situação atual da malha ferroviária brasileira

Porém, investimentos em construção de novas linhas férreas e novos equipamentos são extremamente caros (uma locomotiva custa em média dois milhões de dólares) e demoram muito a serem implementados. Dessa forma, urge um melhor aproveitamento dos recursos já existentes, melhorando o desempenho e a eficiência desse tipo de transporte.

Diferentemente dos EUA onde os problemas de otimização decidem quais dos seus recursos utilizar no atendimento das demandas, no Brasil a decisão é sobre como utilizar da melhor maneira todos os recursos disponíveis procurando atender ao máximo as demandas.

Sob o ponto de vista das empresas operadoras das ferrovias, aumentar a eficiência é um benefício direto. Por isso, imediatamente após a privatização

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0310414/CA

da malha ferroviária brasileira, já houve um movimento nesse sentido na forma de investimentos em Sistemas de Informação. Isso fez com que os planejadores, hoje, possam contar com informações confiáveis sobre o que está acontecendo em cada parte da ferrovia. Entretanto, ferramentas mais complexas, capazes de usar essa grande massa de informações para ajudar a tomar decisões de maneira eficiente, ainda são escassas.

Esta dissertação tem como objetivo apresentar uma metodologia para a alocação ótima de vagões e locomotivas no curto prazo descrevendo o modelo e técnicas de otimização envolvidos no processo. Esse é um dos principais problemas da área ferroviária e aqui ele será referenciado como o *Problema da Alocação ótima de Vagões e Locomotivas no curto prazo (PAVL).*

1.2 O problema real estudado

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0310414/CA

O problema aqui estudado é extremamente operacional e tem como principal objetivo determinar a distribuição de vagões (carregados e vazios) e locomotivas que maximiza o retorno sobre os ativos para um horizonte de planejamento de quatro dias. Além disso, ele faz a alocação de tração, a escala de trens e define que demandas serão efetivamente atendidas.

Esse é um problema fundamental para operadoras ferroviárias já que consegue decidir várias das principais questões operacionais simultaneamente. Além disso, a importância deste problema reside no fato que se o fluxo de vagões e locomotivas para os próximos dois ou três dias for decidido levando apenas em consideração a situação atual, ignorando previsões de futuras demandas e descarregamentos, pode-se facilmente cair em uma situação onde a má disposição dos vagões e das locomotivas na malha prejudique bastante a eficiência das operações.

Para esse problema, foi desenvolvido um modelo baseado no modelo de multifluxos. Nele são contempladas todas as movimentações e operações de vagões e locomotivas que podem ser feitas no horizonte considerado. A decisão de que trens devem efetivamente circular e de que composição de locomotivas formará cada trem influencia a capacidade de tração em cada trecho da malha a cada instante, junto com a possibilidade de escolha de horário de saída dos trens do primeiro dia do horizonte de planejamento.

A formulação feita para o modelo do problema possui um grande número de variáveis (podendo chegar a milhões de variáveis), e foram resolvidas

utilizando um pacote genérico de programação inteira, CPLEX 9.0. Para poder resolver problemas de programação inteira de tamanho tão grande foram necessários alguns pré-processamentos de modo a reduzir o número de variáveis. As relaxações lineares das formulações destes modelos fornecem limites muito bons, permitindo a obtenção de soluções ótimas, ou quase ótimas, em tempos compatíveis com a dinâmica da operação.

1.3 Organização da dissertação

No capítulo 2 são apresentados os principais problemas ferroviários encontrados na literatura e o modelo de multifluxos.

O capítulo 3 é onde o *PAVL* é detalhado. A descrição inclui a apresentação do problema, algumas definições básicas e as considerações adotadas. Ainda nesse capítulo é apresentada a metodologia para a geração das possíveis composições de cada trem e um exemplo com o detalhamento dos dados necessários para o problema.

No capítulo 4 a formulação do problema e suas extensões são apresentadas. Nele são descritas ainda as técnicas de pré-processamento utilizadas.

Os resultados computacionais obtidos são apresentados no capítulo 5.

Finalmente no capítulo 6 são apresentadas as conclusões os futuros trabalhos a serem desenvolvidos.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0310414/CA