

Resumo Desafio SBPO

Otimizador de Manobras em Pátios de Carga Geral

Responsável: Lucas Luz

Empresa: MRS Logística S.A.

Empresa

A MRS Logística é uma operadora logística que administra uma malha ferroviária de 1.643 km que abrange os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Essa região de atuação da MRS concentra cerca da metade do PIB brasileiro. Hoje, a companhia está entre as maiores ferrovias de carga do mundo, com produção quase quatro vezes superior à registrada nos anos 1990. Quase 20% de tudo o que o Brasil exporta e um terço de toda a carga transportada por trens no país passam pelos trilhos da MRS.

A companhia foi criada em 1996, quando o governo transferiu à iniciativa privada a gestão do sistema ferroviário nacional. A malha ferroviária da MRS interliga os estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo, incluindo as minas localizadas no Quadrilátero Ferrífero, maior produtor nacional de minério de ferro. A ferrovia conecta regiões produtoras de commodities minerais e agrícolas e alguns dos principais parques industriais do país aos maiores portos da região Sudeste, o que confere à nossa operação uma importância econômica diferenciada.

A produção é diversificada, entre as principais cargas transportadas estão: contêineres, artigos siderúrgicos, cimenteiros, agrícolas, bauxita, coque, carvão, minério de ferro e entre outros. Além desses itens, a MRS oferece soluções logísticas mais amplas, incluindo o planejamento e o desenvolvimento de soluções multimodais (que se valem de mais de um meio de transporte) e serviços ferroviários customizados. A companhia tem hoje indicadores comparáveis aos das mais eficientes e seguras ferrovias norte-americanas e europeias, em quesitos como eficiência energética, Transit Time, disponibilidade e confiabilidade de ativos, segurança e produtividade, e se destaca pelo uso intensivo de tecnologia e de uma cultura de inovação.

Contexto do Desafio

Para que todo o volume transportado pela MRS seja atendido, a empresa conta com pátios concentradores de vagões e com ponto de conexão para que a circulação dos trens seja otimizada, reduzindo custo de combustível, recursos (equipe e locomotivas), tráfego de trens na malha etc.

Nesse contexto, a otimização das manobras nos pátios é essencial. As manobras podem ser entendidas como o **planejamento logístico para alocar os vagões no trem (Trens segregados por cores na figura 2), na sequência informada pelo controlador de pátios.**

Problema de Negócio

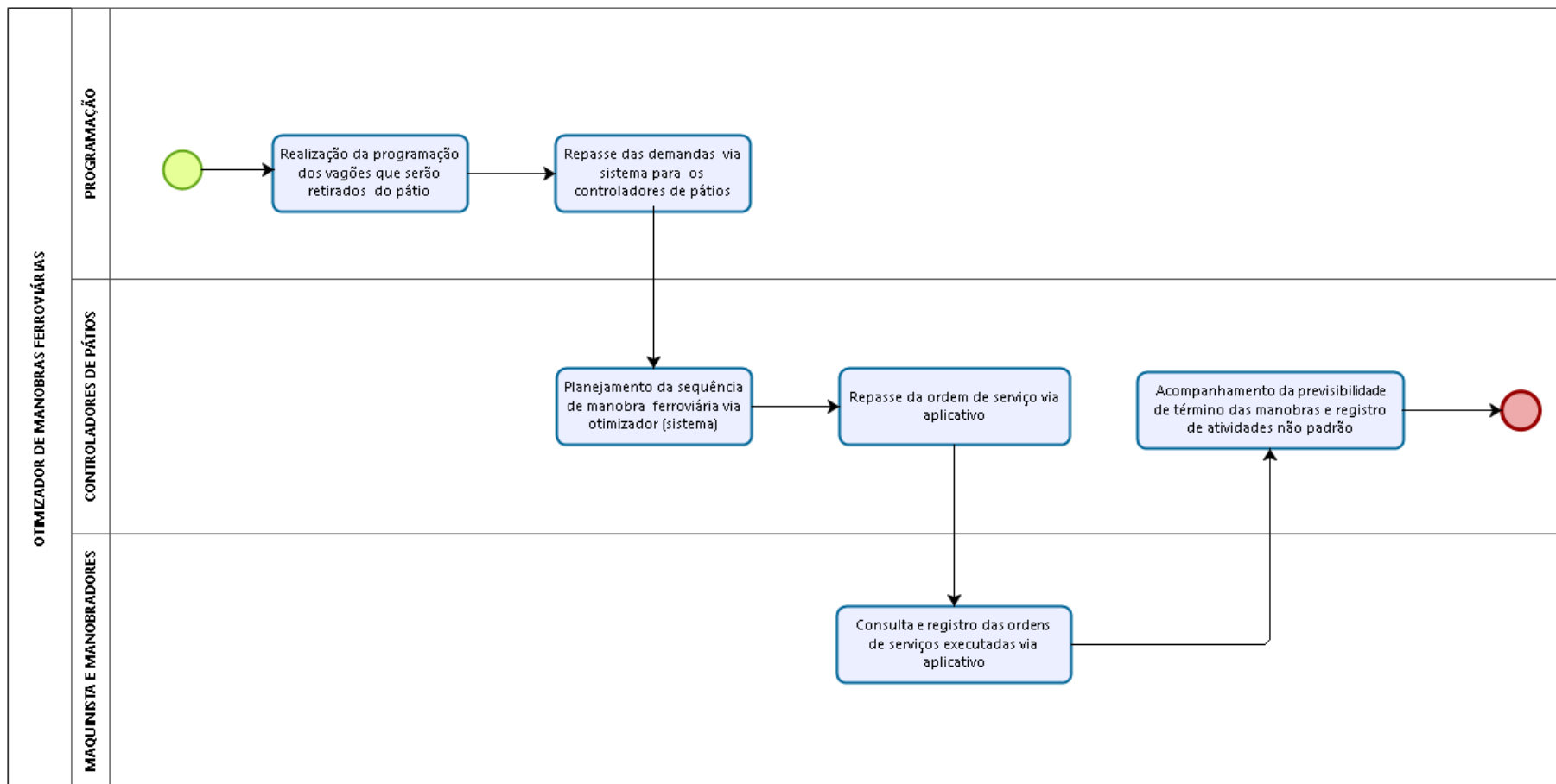
Atualmente todo o planejamento das manobras ferroviárias é realizada pelos controladores de pátios e manobreadores, que utilizam apenas o seu conhecimento tácito, para definir a melhor forma de atender as demandas dos trens que o pátio recebe, contando para isso com inúmeras possibilidades de executar o serviço, sem um direcionamento se a decisão escolhida é a melhor.

O problema proposto conta com um pacote de informações, que através dele definimos qual a melhor manobra pode ser feita no pátio. Esse pacote de informações é composto por:

- **Sequência de blocos da composição:** São os blocos de vagões que serão alocados em determinada sequência no trem (Exemplo os blocos em azul);
- **Nomenclatura do trem:** É o nome do trem em que esses blocos serão alocados;
- **Tamanho dos vagões:** Para medir o tempo gasto para transpor caso necessário, os vagões de uma linha para outra ou se determinada linha é capaz de alocar todos os vagões do trem;
- **Tamanho das linhas:** Para definir o tempo de transposição e verificar se é possível o trem ser formado nessa linha específica;

Em um processo futuro, espera-se que o responsável pela execução / controle das manobras ferroviárias receba as demandas e realize o planejamento através de um sistema que conte com um otimizador capaz de indicar a melhor forma de realizar o processamento dos vagões no trem. Ou seja, que o sistema conte com uma inteligência capaz de, através das demandas de posicionamento (“o que fazer”), gerar de forma otimizada as ordens de serviço a serem atendidas pelos manobreadores (“como fazer”). Assim, conforme destacado na Figura 1 a seguir, dentro do processo de manobras ferroviárias, o foco do problema será a etapa de planejamento:

Figura 1: Fluxograma do processo futuro do planejamento de manobras ferroviárias



A etapa de programação das manobras ferroviárias consiste em determinar como serão as sequências dos posicionamentos dos vagões que serão atendidas através da geração das **ordens de serviço**. Ou seja, cada ordem de serviço deve definir a sequência que o manobrador deverá seguir para a formação do trem.

A etapa de planejamento das manobras ferroviárias conta com os seguintes *inputs*:

- Cenário do pátio;
- Sequência dos blocos de vagões que serão alocados em determinado trem.

Como *output* da etapa de planejamento de manobras

- Geração das ordens de serviço;
- Previsão do término de manobra.

Para exemplificar os conceitos apresentados anteriormente, considere a lista de demandas de manobras da Figura 2:

Figura 2: Exemplo fictício com a tabela ao lado representando a distribuição dos vagões no pátio

Considerando a imagem acima, podemos verificar que a tabela representa a disposição dos vagões no pátio. O pátio possui trens que possuem horários de grade para partida e nesses trens são alocados vagões. Atualmente a primeira atividade que o controlador de pátios faz, é verificar qual vagão/blocos de vagões está alocado para qual trem. Com isso ele utiliza uma escala de cores para distinguir cada trem e classifica em qual posição determinado bloco de vagões devem estar para que o trem esteja formado.

Atualmente o modelo de manobra fica inteiramente projetado de acordo com o conhecimento de cada controlador, nossa necessidade é que o software possa indicar de forma automática, qual a melhor sequência de manobras para formar um trem e com isso gerar uma ordem de serviço conforme ilustrado na tabela abaixo, para que o manobrador execute:

Figura 3:Exemplo fictício da tabela de ordem de serviço que deverá ser entregue pela metodologia

ID	Atividade	Previsão de tempo
1	Retirar o parte 1 do trem A da L-1 para L-10	00:30
2	Retirar o parte 2 do trem B da L-1 para L-6	00:20
3	Retirar o parte 4 do trem A da L-2 para L-4	00:25

Desafio

Desenvolver uma solução matemática capaz de gerar as ordens de serviço que melhor atendam às necessidades das manobras ferroviárias. Essa solução deve ser capaz de realizar uma avaliação da capacidade de processamento do pátio, verificando se é possível a conclusão da formação do trem no horário de grade.

A solução deve ser buscar o menor tempo para formação dos trens.

Dados

Para a solução do problema devem ser considerados os seguintes dados e prerrogativas:

- Comprimento das linhas do pátio
 - L-1 – 1.457m;
 - L-2 – 1.394m;
 - L-4 – 1.107m;
 - L-6 – 959m;
 - L-8 – 591m;
 - L-10 – 1.031m.
- Comprimento por tipo de veículo ferroviário (Considerar 15 metros);
- Velocidade de circulação dos trens no pátio (Considerar 6 Km/h).
- **OBS: As manobras são sempre realizadas sentido Ferrugem.**

Material para consulta

Tratando de um desafio similar ao desafio aqui proposto, seguem abaixo links para um artigo e, respectiva, dissertação de mestrado que traz um modelo matemático que considera manobras em pátios ferroviários.

- **Vídeo de apresentação SBPO 2020:** <https://proceedings.science/sbpo/sbpo-2020/trabajos/avaliacao-de-capacidade-em-patios-ferroviarios-planos-de-classificacao-atraves-de-modelo-de-otimizacao>
- **Artigo:** https://proceedings.science/proceedings/100144/_papers/122624/download/abstract_file2
- **Dissertação:** <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/55724/55724.PDF>

