



SEQUENCIAMENTO E ULTRAPASSAGEM DE TRENS

Luciana Silveira Netto Nunes

José Eugenio Leal

Departamento de Engenharia Industrial
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

RESUMO

Esta pesquisa consiste em criar um sistema de apoio ao centro de controle operacional no gerenciamento do tráfego ferroviário, determinando qual a melhor alternativa de prioridade de trens. Esta pesquisa justifica-se devido à deficiência encontrada pelos controladores de tráfego na tomada de decisões. Atualmente, as prioridades dos trens são pré-estabelecidas e, a partir da análise de um gráfico feito à medida que os eventos vão acontecendo, estas prioridades podem ser modificadas. Desta forma, não é analisado o impacto que cada trem terá se for deixado de lado naquele exato momento. Assim, existe a necessidade do desenvolvimento de um sistema que auxilie os controladores na determinação da melhor alternativa. A pesquisa encontra-se em fase de desenvolvimento. Inicialmente, estão sendo realizados os levantamentos bibliográficos e os levantamentos de dados. Na revisão bibliográfica está sendo analisado o sequenciamento de trens, condições de ultrapassagem, entre outros. O próximo passo é a formulação de um algoritmo que auxilie a tomada de decisões no centro de controle operacional ferroviário. Este sistema será aplicado na empresa MRS logística, situada em Juiz de Fora (MG). O objetivo final desta pesquisa é implementar uma poderosa ferramenta de auxílio para o gerenciamento do tráfego ferroviário, contribuindo para a evolução e eficiência das ferrovias no Brasil.

Abstract

This research consists of creating a system of support to the operational control center in the management of the railroad traffic, determining which is the best alternative to trains priority. This research is justified due to deficiency founded by the controllers of traffic in the taking of decisions. Currently, the trains priorities are previously established and, by analysing a done graph to the measure that the events go happening, these priorities can be modified. Taking this into consideration, the impact that each train will have, if won't be given priority, is not analyzed. Thus, it exists the necessity of the system development which assists the controllers in the determination of the best alternative. The research is in the development phase. Initially, the bibliographical surveys and the data-collectings are being done. In the bibliographic revision is being analyzed the sequenciamet of trains, ultraticket conditions, among others. The next step is the formularization of an algorithm that assists the decisions taking of in the railroad operational control center. This system will be applied in company MRS logistic, situated in Juiz De Fora (MG). The research final aim is to implement a powerful tool for aid the management of the railroad traffic, contributing for the evolution and efficiency of the railroads in Brazil.

1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa é parte de um projeto que visa desenvolver um sistema de apoio à decisão para o gerenciamento de tráfego, na ferrovia MRS Logística. A dissertação de mestrado encontra-se em andamento. Aqui pretende apresentar técnicas de sequenciamento e ultrapassagens de trens em linhas singelas (uma linha com tráfego em ambos os sentidos), que é parte das abordagens a serem usadas no sistema de apoio à decisão.

Para o sequenciamento de trens, é importante a determinação do tempo de ocupação do trecho por um trem, bem como a determinação dos intervalos mínimos (“headway mínimo”). Estas são questões fundamentais de segurança de tráfego.

É necessária a definição, na malha horária, de uma janela de tempo onde é calculado o momento mais cedo e mais tarde em que um trem pode realizar a ultrapassagem. Parte-se do princípio que entre as estações já foi definido um intervalo mínimo.

O trabalho está organizado em duas partes. Na primeira parte foi feita uma abordagem geral de conceitos e características sobre o transporte ferroviário. Na segunda foram apresentados conceitos básicos para a análise da operação de ultrapassagem de trens, tais como: ocupação de um trecho por um trem, intervalo mínimo entre trens, sequenciamento e ultrapassagem de trens.



2. PLANEJAMENTO E CONTROLE OPERACIONAL

Inicialmente a programação de trens é realizada de acordo com a previsão de demanda, tração (locomotivas) e vagões disponíveis, capacidade da via férrea, entre outros. Após esta programação é realizado o planejamento da operação ferroviária diariamente. Este planejamento é realizado pelo Centro de Escalas e pelo Centro de Formação de Trens (CFT). No Centro de Escalas é realizada a programação de escalas mensalmente, levando em conta os tempos máximos de jornada de trabalho. O CFT é composto por três setores. O primeiro é o centro de vagões, onde são verificados com os clientes os vagões disponíveis para a formação dos trens diariamente. O segundo é o centro de formação de trens, responsável pela formação de trens de acordo com o que foi disponibilizado pelo centro de vagões. O terceiro é o planejamento, também chamado de “execução”, responsável pela disponibilização de locomotivas e equipagem (maquinistas e auxiliares) para cada trem formado anteriormente. Neste caso devem ser verificados todos os pré-requisitos, como tempo de viagem e capacidade das máquinas.

Segundo Hay (1961), controle operacional é o exercício da máxima e eficiente utilização dos equipamentos disponíveis para o tráfego de veículos. Essa abordagem vem de encontro ao que está sendo proposto nesta pesquisa.

O controle operacional é realizado pelo Centro de Controle Operacional (CCO). O CCO é o local onde os trens são controlados e onde as decisões, relacionadas ao despacho e tráfego de trens, são tomadas. Existem diversas ferramentas que auxiliam os controladores de tráfego, tais como: painéis com o movimento em tempo real dos trens, computadores e rádios, entre outros. À medida que os eventos vão ocorrendo, os controladores de tráfego registram em um relatório gráfico espaço x tempo. Neste gráfico é obtido o movimento de cada trem. Desta forma, o controlador pode prever cruzamentos, ultrapassagens e posições dos trens. Analisando este gráfico, o controlador de tráfego realiza a tomada de decisão de qual trem deverá seguir, com base em algumas prioridades pré-estabelecidas.

Brina (1982) afirma que mediante o gráfico da circulação e analisando-se o percurso dos trens, poderão ser tomadas medidas para a melhoria da circulação.

3. ELEMENTOS DA VIAGEM DO TREM

Para a realização dos cálculos de movimento de trens são necessárias algumas definições básicas.

Comprimento dos desvios (L): Os tamanhos dos pátios de cruzamento (desvios) são mantidos de acordo com seu tamanho original. Segundo Ferreira (1992), o comprimento da estação de cruzamento será a posição quilométrica de um sinal à esquerda menos a posição quilométrica de um sinal à direita desta estação.

Comprimento do trem (Lt): O meio do trem pode ser definido como sua posição, pois os trens não são pontos, mas um elemento com um certo comprimento, que consome um certo tempo para passar pelos pontos do percurso. (Pottoff, 1976).

Distância de visibilidade (Lv): É a distância necessária para o maquinista tomar consciência do estado do sinal, devendo tomar as providências necessárias, tais como: seguir na velocidade atual, acelerar ou desacelerar. Segundo Pottoff (1976) o tempo de reação dos maquinistas é de



aproximadamente 15 segundos ou de duzentos metros para trens lentos e quinhentos metros para trens rápidos.

Distância entre o pré-sinal e o sinal principal (Lps): O pré-sinal é um sinal secundário, sendo colocado à distância de frenagem do sinal principal. O pré-sinal dá o estado em que o sinal principal se encontra.

Distância entre o sinal principal e o circuito da via (Lh): Utilizado para detectar a passagem do ponto final do trem.

Tempo de viagem do trem: Os tempos de viagens são determinados a partir dos históricos elaborados pelas empresas ferroviárias. É o tempo de viagem de uma estação à outra.

Tempo de acionamento do sistema (Bb): É o tempo necessário para o CCO bloquear ou desbloquear a via, utilizando o sistema de sinalização.

4. OCUPAÇÃO DE UM TRECHO POR UM TREM

Segundo Pottoff (1976), a cada momento, somente um trem pode se encontrar em cada seção de bloqueio. Medeiros (1989) afirma que quando um trem ocupa uma linha, fica impedido a outro trem de sentido de tráfego contrário, entrar na linha no mesmo momento.

Segundo Ferreira (1992), o sistema CTC não permite que dois trens que se seguem, como também dois trens que viajam em sentidos opostos, estejam no mesmo sub-trecho. Para calcular o tempo é utilizada a equação:

$$t = d/v \quad (1)$$

Onde t: tempo; d: distância e v: velocidade.

Assim, o tempo total de ocupação de um trecho por um trem, passando sem parar será:

$$T_{ocup} = (Lt/2 + Lv + Lps + Ls + Lh + Lt/2) / V + Bb \quad (2),$$

onde as variáveis são as definidas na seção anterior.

5. INTERVALO MÍNIMO ENTRE TRENS

Para Hay (1961), o primeiro fator de controle operacional é prevenir colisões entre veículos. Desta forma deve haver o cálculo de intervalo mínimo entre trens. Segundo Pottoff (1976), existem três formas para calcular o intervalo mínimo de tempo que deve separar as partidas de dois ou mais trens de uma estação de origem. São dados dois trens que se seguem, em uma viagem entre as estações A e N. Na primeira alternativa é calculada para uma seção intermediária entre A e N. A segunda refere-se à primeira seção do bloqueio, depois da estação de partida. E a terceira é realizada no trecho final. O valor máximo dos intervalos mínimos calculados é aquele que será adotado como “headway mínimo”. Leal (2002) apresenta uma aplicação para demonstrar a abordagem de sequenciamento de trens para problemas reais de tráfego. Esta aplicação considera um intervalo mínimo entre dois trens, sem que necessite a redução de velocidade.

7. SEQUENCIAMENTO DE TRENS EM TRECHOS COMPLETOS

Pottoff (1976) apresenta formulações para calcular qual deve ser o intervalo mínimo entre um par de trens em uma certa estação de origem, para que se cumpram os intervalos mínimos nos



diversos sub-trechos subseqüentes. São duas situações típicas: trem de carga seguido de trem rápido e intervalo mínimo na partida e trem rápido seguido de trem de carga e intervalo mínimo na chegada. As formulações propostas por Pottoff (1976) foram generalizadas por Leal (2002), visando calcular o intervalo mínimo para qualquer tipo de pares de trens. A seguir são apresentadas fórmulas gerais para os dois casos de intervalos, para qualquer tipo de sequência. É necessário que seja definido o tipo de sequência que pode ser carga-rápido ou rápido-carga,

Para o intervalo mínimo de partida temos:

$$C_{IF} = C_{SF} + (t_1 - t_2)_{IS} \quad (3)$$

Para o intervalo mínimo de partida temos:

$$C'_{IF} = C_{IS} + (t_2 - t_1)_{IF} \quad (4)$$

Onde I: estação inicial; F: estação final; S: estação do subtrecho correspondente e t_1 e t_2 : tempos.

Além do problema de sequenciamento é importante tratar das condições de ultrapassagem e cruzamento que estão sendo estudadas na pesquisa de dissertação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

A pesquisa está sendo desenvolvida em cooperação com a MRS-Logística como parte de projeto financiado pelo Fundo de Transportes, com recursos repassados pelo CNPq. O sistema a ser concebido deverá auxiliar o pessoal do CCO de Juiz de Fora, da MRS-Logística.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsas de estudo e pesquisa e apoio financeiro ao projeto com recursos do Fundo de Pesquisa em Transportes e a empresa MRS logística, pelo apoio técnico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brina, H. L. (1982) Estradas de ferro. Livros técnicos e científicos editora. Rio de Janeiro.
- Ferreira, J. G. (1992) Procedimentos operacionais para o gerenciamento e controle de tráfego ferroviário. Dissertação de mestrado do Departamento de Engenharia Industrial. PUC/RJ Brasil.
- Hay, W. W. (1961) An introduction to transportation engineering. University of Illinois. United States of America.
- Leal, J. E. (2002) Notas de aula do curso de planejamento do transporte ferroviário de carga. Departamento de Engenharia Industrial. PUC/RJ. Brasil.
- Leal, J. E. (2002) Notas de aula do curso elementos de operação ferroviária. Departamento de Engenharia Industrial. PUC/RJ. Brasil.
- Medeiros, S. R. (1989) Modelo de simulação de tráfego ferroviário. Dissertação de mestrado Do Departamento de Engenharia Industrial. PUC/RJ. Brasil.
- Potthoff, G. (1976) Verkehrsstromungslehre Band I. Transpress. Berlin.

Endereços dos autores:

PUC-RJ (Departamento de Engenharia Industrial): Rua Marquês de São Vicente, 225, 9º andar – Gávea – cep 22453-900.