

ANÁLISE DA DINÂMICA OPERACIONAL DE UMA MALHA FERROVIÁRIA EM CIRCUITO FECHADO UTILIZANDO SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Reinaldo Pimentel Loyola Meireles

Marta Monteiro da Costa Cruz (orientadora)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Área: Transportes
Universidade Federal do Espírito Santo

RESUMO

Esta dissertação busca desenvolver um modelo de simulação que represente a cadeia logística do transporte ferroviário de minério de ferro em uma ferrovia brasileira em circuito fechado utilizando a simulação de Monte Carlo. Após a descarga os vagões vazios retornam para um novo carregamento de minério ou para o transporte de carga de retorno. Modelos de simulação para circulação em circuito fechado estão sujeitas a diversas interferências. Estas interferências são representadas pela circulação de outros trens, pelas filas que são formadas na circulação, pelas manutenções preventivas e corretivas no material rodante (vagões e locomotivas), na via permanente ou nos equipamentos de carregamento e descarga, que alteram a programação inicialmente elaborada. Este modelo de simulação busca responder a questões como aumento de capacidade, bem como a questões táticas no curto e médio prazo.

ABSTRACT

This dissertation has the objective to develop a simulation model that represents the logistic chain of iron ore in a Brazilian railway. It covers the iron ore loading process and its discharge into the external or internal markets. After unloading the empty wagons may go back to a new ore shipment or it can make return cargo transportation. Simulation models for closed circuit circulation are subject to various interferences. These interferences are represented by the movement of other trains, the queues that are formed in the circulation, the preventive and corrective maintenance on rolling stock (wagons and tracks), or standing in the way of loading and unloading equipment, modifying the schedule originally established. Thus, this model aims to answer questions such as increase capacity or tactical matters in short or medium time.

1. OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação busca desenvolver uma ferramenta de simulação de malha a eventos discretos, através do Método de Monte Carlo, utilizando o software Arena versão 12, para uma ferrovia brasileira voltada ao transporte de minério de ferro utilizando, para o horizonte de Planejamento de Longo Prazo e Curto Prazo, que suporte a tomada de decisões táticas e estratégicas, tais como: identificar o comportamento dos principais indicadores da ferrovia frente ao impacto do aumento do volume, que são: Ciclo de vagões, quantidade de vagões necessários, quantidade de locomotivas necessárias, TKU (tonelada quilometro útil gerada), peso médio, Volume em toneladas gerado na descarga por cliente, Volume em tonelada gerado nos pontos de carregamento, etc. Da mesma forma, busca-se dar suporte a análise de cenários para auxílio à tomada de decisão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Crainic e Laport (1997), um estudo estratégico, ou de longo prazo, engloba toda a empresa e normalmente envolve o mais alto nível da administração. As decisões estratégicas determinam o desenvolvimento geral da empresa e norteiam os planejamentos mais operacionais. Os autores apresentam exemplos importantes deste tipo de planejamento em uma empresa ferroviária:

- Planejamento de implementação, expansão ou redimensionamento de malha física;
- Localização de instalações, como pátios ferroviários, terminais intermodais, etc.;
- Aquisição de equipamentos, como locomotivas;
- Definição do frete a ser cobrado

Neste mesmo estudo, os autores definem planejamento tático, ou de médio prazo, como aquele em que se distribui ou aplica mais racionalmente os recursos já disponíveis na empresa. O planejamento operacional, ou de curto prazo, é descrito como sendo aquele realizado pelos administradores locais no dia a dia de cada instalação em um ambiente extremamente dinâmico e onde o tempo é um fator de grande peso nas decisões.

Na definição de Homer et al (1999), um estudo de nível estratégico é aquele que trata de problemas que ultrapassam os limites entre departamentos da empresa e as variáveis em análise têm um alto nível de agregação, ou seja, são vistas de forma global, diferentemente de estudos mais operacionais onde o foco é a melhoria do processo de determinado trem ou certo trecho da malha ferroviária.

Segundo Chwif e Medina (2007), os modelos analíticos podem ser vistos como um conjunto de fórmulas matemáticas, como por exemplo, os modelos de programação linear ou os modelos analíticos da teoria das filas. Tem como vantagem o fato de não exigirem grandes recursos técnicos ou computacionais, e a desvantagem de não possuir soluções analíticas para sistemas complexos, devendo-se utilizar hipóteses simplificadoras que compromete a confiabilidade dos resultados. Sua aplicação é feita principalmente em estudos que buscam resultados operacionais.

Segundo Banks et al (1996), os modelos de simulação tornaram-se mais difundidos e bem aceitos no ramo da pesquisa operacional devido à disponibilidade de linguagens computacionais especializadas em estudos de simulação, o crescimento na capacidade computacional e nos avanços na metodologia de simulação. Ainda segundo estes autores, a simulação é a ferramenta adequada quando se necessita estudar e fazer experimentações com as interações entre elementos de um sistema complexo, experimentar novas políticas de operação antes de sua implementação, ou mesmo para verificar e confirmar o resultado de um estudo analítico. Chwif e Medina (2007) afirmam que os sistemas reais, geralmente, apresentam uma maior complexidade devido, principalmente, a sua natureza dinâmica (que muda o seu estado ao longo do tempo) e a sua natureza aleatória (que é regida por variáveis aleatórias). O modelo de simulação consegue

capturar com fidelidade essas características, procurando repetir em um computador o mesmo comportamento que o sistema apresentaria quando submetido às mesmas condições de contorno.

3. METODOLOGIA UTILIZADA

Nesta pesquisa serão levantados dados quantitativos, baseados em dados históricos das bases de dados dos sistemas de informações existentes e para desenvolvimento do modelo de simulação será utilizado à metodologia de Banks (2000) que seguem os passos representado na Figura 1.

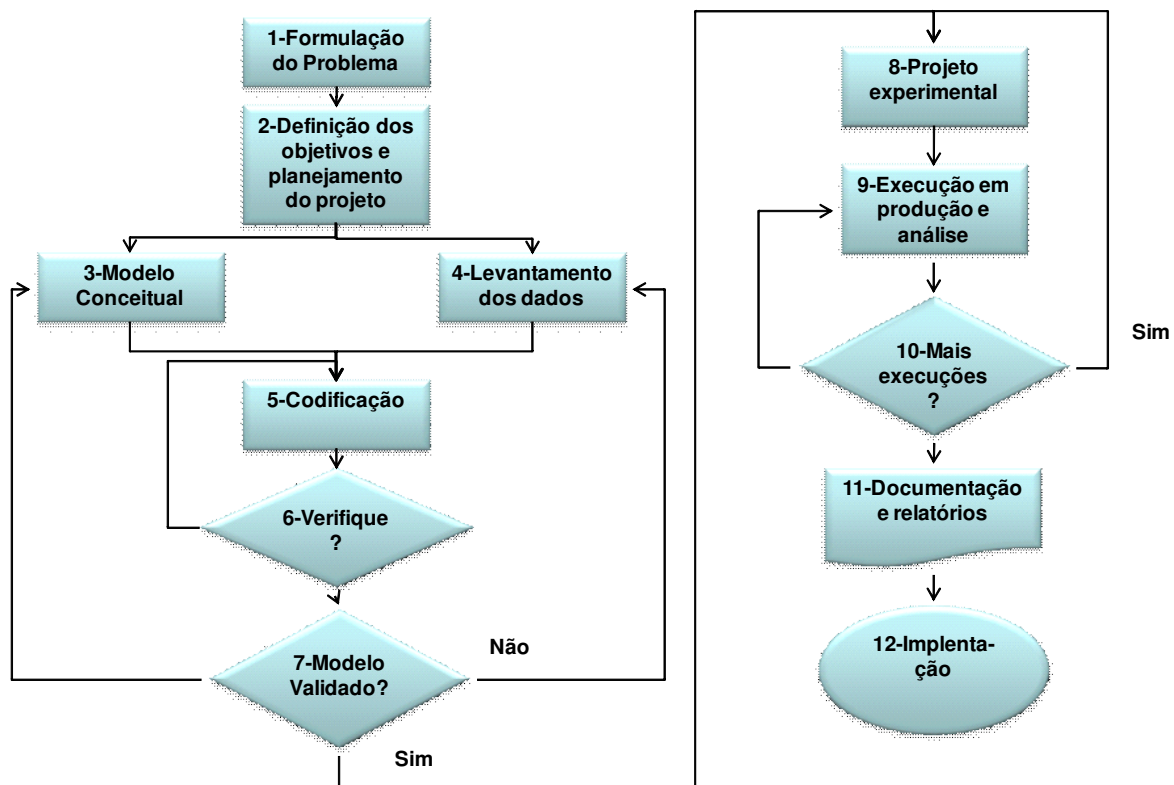


Figura 1 – Metodologia para desenvolvimento de um modelo de simulação (BANKS, 2000).

A modelagem conceitual é um dos passos da metodologia de Banks et al (2000), para Fiorini (2008) a baixa flexibilidade no tráfego dos trens sobre a malha ferroviária impõe situações de decisões bastante complexas no sistema real, e que necessitam ser consideradas nos modelos de simulação para estudos sobre o sistema. No sistema real, a ocorrência de erros operacionais, quando não provocam acidentes, gera grande impacto na operação da malha como um todo. Por exemplo, se dois trens entrarem em uma mesma linha singela em sentidos opostos (sem causarem acidente), os dois trens devem ser parados, e um deles deverá recuar até o pátio anterior. Esta operação irá prejudicar não só os trens envolvidos, mas como todos os anteriores prejudicando toda a circulação naquela região da malha ferroviária.

As empresas ferroviárias para evitar situações como estas montam uma grande estrutura de controle de tráfego, geralmente centralizada, onde equipes de funcionários são destacadas para controlar:

- A circulação dos trens por trechos;
- As frotas de vagões e locomotivas;
- As equipagens (maquinistas);
- Equipes de manutenção.

A estrutura empregada pelas ferrovias sinaliza o alto grau de complexidade envolvido na movimentação dos trens em sua malha. As equipes de operadores tomam muitas decisões e às vezes muitas destas não são padronizadas, por exemplo, um funcionário de um turno pode tomar uma decisão para um problema e outro funcionário em outro turno pode tomar outra decisão. Desta forma é muito importante modelar os principais procedimentos de operação da ferrovia, buscando a padronização na tomada de decisão, e para os procedimentos mais simples deve-se abstrair ou adotar simplificações.

Segundo Pidd (1998), um modelo não deve ser necessariamente tão complicado quanto à realidade que está sendo representada, pois ela faz parte de um sistema usuário-modelo. Os modelos não carregam sozinho toda a responsabilidade em gerar resultados corretos para análise do sistema. Grande parte desta responsabilidade é papel do usuário, que deve usar o modelo adequadamente. Este conceito resumido por este autor com a frase “Modele Simples, Pense Complicado”.

5. RESULTADOS ESPERADOS

Segundo Robinson e Pidd (1998), a relação “cliente-analista” é tão ou mais importante que os aspectos tecnológicos envolvidos no projeto de simulação. Um modelo de simulação de malha é um modelo vivo, que precisa constantemente estar acompanhando o negócio, por este motivo é muito importante manter uma equipe mínima após a conclusão do projeto, e esta equipe deve ser formada por analistas e clientes. Portanto, esta dissertação será considerada bem sucedida, se a partir de sua implantação, a área de projetos (Longo prazo) e a área de programação (Curto prazo) passem a utilizar esta ferramenta em seu dia a dia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANKS, J., Carson, J.S., Nelson, B.L. (1996), Discrete Event System Simulation; Ed. Prentice Hall: Upper Saddle River – New Jersey – E.U.A;
- BANKS, J. (2000), Introduction to Simulation, Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, Atlanta, U.S.A.;
- CHWIF L., MEDINA, A.C. (2007), Modelagem e Simulação de Eventos Discretos – Teoria e Aplicações, Segunda Edição, Ed. dos Autores: São Paulo – SP – Brasil;
- CRAINIC, T.G., Laporte, G. (1997), Planning Models for Freight Transportation, European Journal of Operation Research, n.97, p.409-438;

- FIORINI, M.M. (2008), Simulação em Ciclo Fechado de Malhas Ferroviárias e suas Aplicações no Brasil: Avaliação de Alternativa para o Direcionamento de Composições, Tese, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil;
- HOMER, J.B., Keane, T.E., Lukiantseva, N.O., Bell, D.W. (1999), Evaluating Strategies to Improve Railroad Performance – A System Dynamic Approach, Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference. Dec-5-8, Phoenix – AZ, E.U.A;
- PIDD, M. (1998), Modelagem Empresarial: Ferramentas para Tomada de Decisão; Ed. Artes Médicas Sul: Porto Alegre – RS – Brasil;
- ROBINSON, S.,Pidd, M.(1998), Provider and Customer Expectations of Successful Simulation Projects, Journal of the Operational Research Society, v.49,n.3, p.200-209;Alexeev, E. (1999) *Contribuição ao Estudo da Dinâmica Sistêmica do Fluxo de Informações para Cargas Marítimas*, Tese, COPPE/PET/UFRJ. Rio de Janeiro.

Reinaldo Pimentel Loyola Meireles – reinal.vix@terra.com.br
Marta Monteiro da Costa Cruz (orientadora) – mcruz@npd.ufes.br
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Área: Transportes
Universidade Federal do Espírito Santo