

IMPLEMENTAÇÃO DE UM ALGORITMO PARA O PROBLEMA DE ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS PARA O TRANSPORTE RURAL ESCOLAR

Priscila de Almeida Prata

Suely da Penha Sanches

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana
Universidade Federal de São Carlos

RESUMO

O objetivo desta pesquisa de dissertação é estudar e implementar um algoritmo que se adapte ao problema Roteirização de Veículos para o Transporte Escolar Rural, levando em consideração todas as restrições do problema. Este esforço de pesquisa se justifica devido à relevância econômica e principalmente social deste transporte e também porque não se encontraram na literatura algoritmos específicos para resolver o problema. A pesquisa irá utilizar como ferramenta um Sistema de Informações Geográficas (TransCAD) pois este permite que sejam inseridas novas funcionalidades através de sua linguagem de programação conhecida como GISDK.

ABSTRACT

The objective of this dissertation is to study and implement an algorithm adapted for the Rural School Transportation Routing Problem, considering all the problem's constraints. This research effort is justified by the economic and essentially social relevance of this transport and also because the literature does not present any algorithm developed specifically for this problem. A Geographic Information System (TransCAD) will be used as a research tool because it permits the insertion of new functionalities using its programming language known as GISDK.

1. INTRODUÇÃO

Fazer os alunos chegar à sala de aula diariamente é um dos maiores desafios das autoridades educacionais brasileiras. Nas cidades, o problema não é tão grande, porque o uso de passes escolares, oferecidos gratuitamente ou com descontos, permite que os jovens se movimentem utilizando ônibus, vans, trens e metrô (Guimarães, 2004). Na zona rural, o problema é mais grave, pois com a desativação da maioria das escolas rurais os alunos precisam ser transportados para a zona urbana. Este transporte é garantido constitucionalmente, mas na maioria das cidades é precário e gera custos elevados aos municípios (Sanches e Ferreira, 2003).

O planejamento dos serviços de transporte rural escolar deve considerar os aspectos de roteirização, segurança e custos, envolvendo fatores como demanda existente, concentração dos horários de entrada e saída da escola, tempo de viagem, ocupação dos veículos e itinerários (Vasconcellos, 1997).

Tratar este problema manualmente considerando todas as restrições de forma a otimizar o serviço é uma tarefa dispendiosa. Ferramentas computacionais, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) podem ter, neste contexto, um papel muito importante. No entanto, os algoritmos de roteirização incorporados aos SIGs mais utilizados, não consideram todas as características peculiares do transporte rural escolar, fazendo com que haja necessidade de simplificações que podem levar a soluções não ótimas (Almeida, 1998).

Assim sendo, este projeto de mestrado tem como objetivo o estudo e a implementação de um algoritmo para resolver o Problema de Roteirização de Veículos para o Transporte Rural Escolar, que leve em consideração todas as restrições do problema.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta os principais tópicos que serão abordados neste trabalho de pesquisa: Transporte Rural Escolar, O Problema de Roteirização de Veículos, O Problema de Roteirização de Veículos para o Transporte Rural Escolar e o uso de Sistemas de Informações Geográficas.

2.1. Transporte Rural Escolar

O Transporte Rural Escolar (TRE) é um dos segmentos do Transporte Rural, que é definido pelo GEIPOT (1995) como “o transporte de passageiros, público ou de interesse social, entre a zona rural e a urbana ou no interior da zona rural do município”.

Durante muitos anos, após a desativação da maioria das escolas rurais, o Estado foi responsável pelo transporte dos alunos residentes na zona rural para as escolas localizadas na área urbana. Mais recentemente, esta responsabilidade foi delegada às Prefeituras Municipais. Entretanto, a maioria delas não apresenta recursos técnicos para organizar e operar de uma maneira eficiente o seu sistema de transporte de alunos da zona rural (Almeida, 1998). Esta situação traz como consequência a precariedade desse tipo de transporte em algumas cidades e custos elevados para aquelas que garantem esse transporte aos estudantes.

Pouco se tem feito para melhorar as condições do TRE. Uma das iniciativas mais recentes é uma linha de financiamento chamada Caminho da Escola previsto no Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE). Segundo Lorenzoni (2007) este programa tem como objetivo renovar a frota escolar, dar segurança ao transporte dos estudantes e reduzir o abandono escolar dos alunos que residem nas áreas rurais.

No entanto, estas medidas sem um planejamento adequado das rotas não trazem vantagens, pois os estudantes vão continuar fazendo longas e cansativas viagens para chegar até a escola; o que prejudica no seu desempenho escolar, além de o município continuar tendo custos elevados com uma frota de veículos mal aproveitada.

2.2. O Problema de Roteirização de Veículos

Segundo Laporte *et al.* (2000) o problema de roteirização de veículos (PRV) consiste em definir roteiros de veículos que minimizem o custo total de atendimento, cada um dos quais iniciando e terminando no depósito ou base dos veículos, assegurando que cada ponto seja visitado exatamente uma vez e a demanda em qualquer rota não exceda a capacidade do veículo que a atende.

Os problemas de roteirização de veículos pertencem à categoria conhecida como *NP-hard*, o que significa que possuem ordem de complexidade exponencial, ou seja, o esforço computacional para sua resolução cresce exponencialmente com o tamanho do problema. Torna-se necessária a utilização de heurísticas ou metaheurísticas que não garantem soluções ótimas, mas se aproximam da otimalidade em um tempo computacional adequado.

Essa complexidade matemática dos problemas de roteirização, assim como a sua relevância no contexto logístico atual, explica o constante interesse em busca de novas estratégias de solução que vem sendo observado desde a década de 60, resultando em um número muito expressivo de artigos publicados na literatura especializada (Cunha, 2000).

2.2. Roteirização de Veículos para o Transporte Escolar

Os sistemas para transporte de alunos operam, em geral, da seguinte forma: os alunos são apanhados em um ponto de parada que fique próximo às suas residências, o veículo percorre o restante de seu itinerário apanhando outros alunos e depois vai diretamente para a escola. Depois do período de aula o processo é inverso e os estudantes são deixados nos pontos próximos às suas residências (Almeida, 1998).

O problema, em geral, é definir um conjunto de rotas para os veículos, de modo a minimizar o custo total do transporte dos alunos. Em sua forma mais simples, o PRV para o Transporte Escolar consiste em um número finito de estudantes nas posições conhecidas de coleta que devem ser transportados para uma única escola. (Thangiah *et al*, 2004).

São poucos os trabalhos encontrados na literatura que tratam o PRV para o TRE considerando todas as suas restrições (como exemplo, pode-se citar o trabalho de Thangiah *et al*, 2004). Em sua maioria os estudos se aplicam ao contexto urbano e com rotas atendendo uma única escola. Esta solução não é adequada para o contexto rural, pois a demanda reduzida para as várias escolas não permite tratar cada escola individualmente, além de num mesmo ponto de parada ser possível encontrar alunos com destino a mais de uma escola.

2.3. Sistemas de Informações Geográficas e a Roteirização de Veículos

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são ferramentas valiosas para o planejamento de transportes, tanto pela quantidade de informações que conseguem manipular, como pela sua interface gráfica que permite uma visualização dos problemas a serem resolvidos e das soluções alternativas. Alguns SIGs incorporam algoritmos para a resolução de problemas logísticos, como a roteirização de veículos; e permitem também a inserção de novas funcionalidades, através de linguagens de programação.

Almeida (1998) pôde comprovar a eficiência da utilização de um SIG para o TRE em sua dissertação de mestrado. Ela utilizou o TransCAD (Caliper, 1996) e o algoritmo que ele dispõe para resolver o PRV. Apesar dos bons resultados encontrados, o problema não foi modelado no seu contexto real, pois o algoritmo de roteirização utilizado disponível no SIG não se adapta às características reais do problema. A maior distorção se refere ao procedimento de roteirização implantado no TransCAD, que é baseado no algoritmo de Clarke e Wright (1964). Este algoritmo considera que os veículos partem de uma base (depósito), percorrem todos os pontos de coleta e voltam à base. No transporte de alunos o procedimento é diferente: os veículos partem da garagem da empresa transportadora, percorrem as fazendas recolhendo os alunos, percorrem as escolas, entregando os alunos e voltam para a garagem. A simplificação do problema, considerando que todos os alunos se destinam à garagem pode resultar em soluções não ótimas. Esta dificuldade foi um dos fatores que motivou a elaboração dessa nova pesquisa.

3. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é implementar uma heurística ou metaheurística que melhor se adapte ao problema Roteirização de Veículos para o Transporte Escolar Rural, levando em consideração todas as restrições do problema. Este esforço de pesquisa se justifica devido à relevância econômica e principalmente social deste transporte e também porque não se encontraram na literatura algoritmos específicos para resolver o problema.

A pesquisa irá utilizar como ferramenta o SIG TransCAD (Caliper, 1996), pois este permite que sejam inseridas novas funcionalidades através de sua linguagem de programação conhecida como GISDK (*Geographic Information System Development's Kit*).

4. MÉTODO

O método estabelecido para esta pesquisa está fundamentado nas seguintes etapas:

- Estudo de um algoritmo adequado para o problema em questão. Dentre os possíveis de serem utilizados estão: Algoritmo Genético (Holland, 1975) e Colônia de Formigas (Dorigo e Caro, 1999), dentre outros.
- Implementação deste algoritmo dentro de um SIG-T, que no caso deste trabalho será o TransCAD através da utilização de sua linguagem de programação GISDK.
- Estudo de caso: para testar a eficiência do algoritmo implementado, este será executado para cidade de São Carlos-SP, uma cidade de porte médio que possui gastos elevados com o transporte rural escolar.

REFERÊNCIAS

- Almeida, M. F. B. (1997). *Roteirização de Veículos para o Transporte de Alunos da Zona Rural*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, UFSCar - São Carlos.
- Caliper (1996). *TransCAD Transportation GIS Software: User's Guide*, Version 3.0 for Windows. Caliper Corporation, Newton, Ma.
- Clarke, G. e Wright, J. (1964). Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. *Operations Research*, Vol 12, pp 568-581.
- Cunha, C. B. (2000). Aspectos práticos da aplicação de modelos de roteirização de veículos a problemas reais. *Revista Transportes da ANPET – Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes*, v.8, n.2, p.51-74.
- Dorigo, M. e Caro, G. (1999) The Ant Colony optimization metaheuristic: new ideas in optimization. Londres, Reino Unido: McGraw-Hill.
- GEIPOT - Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (1995). *Avaliação Preliminar do Transporte Rural - destaque para o Segmento Escolar*. Ministério dos Transportes, Brasília.
- Guimarães, A. (2004). Por que o Transporte Escolar anda mal. *Nova Escola on-line. Edição nº 170*. Disponível em: http://novaescola.abril.com.br/index.htm?ed/170_mar04/html/transporte
- Holland, J. (1995). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. The University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Laporte, G.; M. Gendreau; J.Y. Potvin e F. Semet (2000) Classical and modern heuristics for the vehicle routing problem, *International Transactions in Operational Research*, v.7, n4/5, p.285-300.
- Lorenzoni, I. (2007). Governo financia compra de veículos para transporte escolar. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pde/transporte.html>.
- Sanches, S.P. e Ferreira, M.A.G. (2003) Avaliação do padrão de acessibilidade em um sistema de transporte de alunos da zona rural, *Anais do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET – Rio de Janeiro*, vol 2, p. 931-942.
- Thangiah, S. R.; Wilson, B.; Pitluga, A.; Mennell, W. (2005). School Bus Routing in Rural Districts. *Working paper, Computer Science Department*, Slippery Rock University, Slippery Rock, PA, USA.
- Vasconcellos, E. A. (1991). “*Transporte Escolar Rural no Brasil*” - Departamento de Ciência Política da USP, programa de pós-graduação, São Paulo.
- Vasconcellos, E. A. (1997). Transporte Rural: o resgate de um tema esquecido. *Revista dos Transportes públicos*, n. 75, p. 31-48.