

# Análise e Descrição do Artigo – Practical Approach for Solving School Bus Problems

Philip Mahama Akpanyi  
Universidade Federal de Roraima  
Ciência de Computação

Boa Vista, Roraima  
pakpanyi@gmail.com

**Abstract**—This paper contains the analyses and description of the article “Practical Approach for Solving School Bus Problems”. The approaches used by the authors in solving the problems is the involvement of human activities in tracing and modeling efficient routes based on the location of the students of a school. The role of the human activities cuts down the sophisticated method of using computer algorithms to find the best route. Hence, it facilitates the computing aspect since the difficult part of modeling the routes is already taken care of in a form of a template.

**Keywords**—routing, algorithm, transport, multi-objective

## I. INTRODUÇÃO

Nesta análise do artigo, veremos várias abordagens para otimizar a técnica de rotas de ônibus para uma escola. Consideremos a situação de uma escola que tem certa quantidade de ônibus e alunos espalhados numa determinada cidade. O objetivo é ter um serviço de transporte melhor para os alunos e ao mesmo tempo reduzir os gastos em providenciar esses serviços. O artigo trata de resolver alguns problemas de distância das casas dos alunos até as paradas de ônibus e distribuição dos veículos para buscar os alunos em vários locais da cidade. O processo de resolver o problema citado não requer domínio de derivações matemáticas abstratas ou complexas e não requer um grande esforço de programação de computador. As formulações matemáticas e notações que serão empregadas têm como objetivo principal auxiliar o usuário a combinar o problema com a documentação de uma rotina de computador típica.

Antes de modelar qualquer rota do transporte, é preciso ter alguns objetivos a alcançar. Esses objetivos podem servir como uma guia para melhorar os serviços transporte. Segundo o artigo, as seis (6) metas principais são:

- 1) Limitar a distância máxima de caminhada da casa de um aluno até seu ponto de ônibus designado.
- 2) Garantir a cada aluno da escola acesso ao transporte.
- 3) Evitar subutilização dos transportes ou seja, ter um equilíbrio de uso de cada transporte.
- 4) Evitar zonas perigosas ou rotas fechadas.
- 5) Evitar a superlotação em cada ônibus.
- 6) Minimizar o custo total de fornecer o serviço de transporte.

É importante saber que na primeira meta, deve ser definido uma determinada distância da casa do aluno até seu ponto de ônibus para que seja fácil saber se terá a necessidade de criar outros pontos de ônibus para os alunos que moram distante. É provável que nem todas essas seis (6) metas possam ser alcançadas simultaneamente. Por isso que os administradores do serviço de transporte devem classificar as metas em ordem de importância.

## II. PASSOS NA SOLUÇÃO DE ROTEAMENTO DO ÔNIBUS ESCOLAR

### A. Estabelecer sub bairros / distritos

Computacionalmente, quando existe um problema grande, dividir em subproblemas pode facilitar a resolução de tal problema. A decomposição do problema em partes gerenciáveis pode alcançar uma economia significativa no custo total, sem perda de uma solução válida. Adotando o método de divisão e conquista, toda uma área é dividida em subáreas, após as quais rotas e paradas de ônibus são estabelecidas em pontos cruciais dessas áreas. Com base no número de alunos localizados nas subáreas, um determinado número de ônibus pode ser alocado para essas áreas.

### B. Localizar as casas de estudantes no mapa

Esse passo requer um estudo para conhecer as casas dos alunos da escola. A primeira das seis (6) metas definidas anteriormente mostra a limitação de distância máxima de caminhada do ponto de ônibus para as casas dos alunos. Conhecer a localização das casas é essencial para o planejamento de paradas e as rotas do ônibus. Esse passo ajudará a otimizar a localização dos pontos e as rotas de ônibus discutido no primeiro passo.

### C. Localizar zonas de paradas de ônibus

Esse passo, segundo os autores, envolve a criação de um arquivo de dados contendo o comprimento, localização e população estudantil de cada ligação de rua em um subdistrito. Mais que um ônibus pode ser alocado para uma subárea, em caso se tiver muitos estudantes para evitar ultrapassando a quantidade de pessoas que pode ser transportado por um ônibus.

### D. Desenvolver estrutura de rede

Em localizar zonas de paradas de ônibus, uma representação adequada da área de estudo pode ser obtida que em torno, poderá facilitar o desenvolvimento de um modelo para simulação de desempenho do sistema. Nesse modelo, as paradas de ônibus são representadas por pontos (nodos) e a distância do ponto de partida do ônibus é anotado ao lado.

### E. Designar alunos para ônibus

Em vista da natureza de múltiplos objetivos do problema de roteamento do ônibus escolar, uma solução disponível é a Programação de Metas (GP). O conceito básico de GP envolve a incorporação de objetivos múltiplos e conflitantes em um modelo. O modelo GP quer otimizar todos os objetivos especificados, tentando minimizar o desvio ( $d^+$  ou  $d^-$ ) dos valores da solução dos objetivos pré-especificados, respeitando as prioridades de cada objetivo e satisfazendo o conjunto de restrições do problema. Alguns aspectos a considerar nesse passo são:

- a) Especifique zonas para um ônibus

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} + d_j = \sum_{i=1}^n S_i \quad j = 1, 2, \dots, n$$

onde

$S_i$  = número total de estudantes na zona  $i$  que têm acesso ao ônibus  $j$ .

$d_j$  = número total de estudantes que não têm acesso ao ônibus  $j$

*b) Garanta que cada aluno tenha acesso ao transporte*

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} + d_i = S_i \quad i = 1, 2, \dots, n$$

onde

$X_{ij}$  = número de estudantes na zona  $i$  que terá acesso ao ônibus  $j$ .

$S_i$  = número total de estudantes na zona  $i$ .

$d_i$  = número total de estudantes que não têm acesso ao ônibus  $j$  na zona  $i$ .

*c) Evite a subutilização dos ônibus*

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} + d_j = P \times C_j, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

onde

$P$  = fator de carga mínimo de cada barramento

$d_j$  = número de alunos inferior ao número mínimo especificado de alunos no ônibus  $j$ .

*d) Evite rotas tortuosas:*

$$\sum_{i \in U} X_{ij} - d_j = 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

onde

$d$  = quantidade de alunos da zona  $i$  atendida pelo ônibus  $j$ , cujo ponto de partida é considerado muito distante de  $i$ .

$U$  = conjunto de zonas cujas localizações tornam o serviço do ônibus  $j$  inadequado.

*e) Evite a superlotação em cada ônibus:*

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} - d_j = C_j, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

onde

$c_j$  = capacidade do barramento  $j$ .

$d_j$  = número de alunos além da capacidade do ônibus  $j$ .

Este objetivo desencoraja a designação de alunos para um ônibus  $j$  além de sua capacidade de carga.

*F. Analisar o resultado e formar as rotas de ônibus*

Depois de ter considerado todos os passos citados acima, o próximo passo é modelar uma rota de ônibus eficiente. Os autores do artigo usaram o programa FORTRAN GP para resolver o problema. Uma vez que a atribuição de alunos e zonas para cada ônibus foi determinada por este modelo GP, o custo de transporte estimado pode ser facilmente obtido a partir de qualquer algoritmo de roteamento apropriado ou mesmo manualmente.

### III. CONCLUSÃO

A programação de metas (Goal Programming) é usada para equilibrar conflitos entre várias metas predeterminadas. Finalmente, a melhor rota de cada barramento é obtida através da aplicação de qualquer algoritmo de roteamento a um problema bastante reduzido. Assim, o roteamento do ônibus escolar pode ser realizado sem uma operação exótica por computador. Na verdade, reter o envolvimento humano no estabelecimento de metas e dar-lhes o peso desejado em um processo de solução multi-objetivo deve levar a um resultado infinitamente mais satisfatório.

### REFERÊNCIA

- [1] Huel-Sheng Tsay, Jon D. Fricker "Practical Approach for Solving School Bus Problems"